



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA

THANUCI SILVA

PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA
APLICAÇÃO DE TESTES EM UMA ABORDAGEM DE SALA
AULA INVERTIDA DE UM CURSO TEÓRICO-PRÁTICO DE
BIOQUÍMICA

CAMPINAS
2018

THANUCI SILVA

**PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA
APLICAÇÃO DE TESTES EM UMA ABORDAGEM DE SALA AULA
INVERTIDA DE UM CURSO TEÓRICO-PRÁTICO DE BIOQUÍMICA**

*Tese apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de
Doutora em Biologia Funcional e
Molecular na Área de Bioquímica.*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA
ALUNA THANUCI SILVA E ORIENTADA PELO
PROF. DR. EDUARDO GALEMBECK

Orientador: PROF. DR. EDUARDO GALEMBECK

**CAMPINAS
2018**

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): FAPESP, 2014/24432-0

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Biologia
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

Si38p Silva, Thanuci, 1988-
Planejamento, desenvolvimento e avaliação da aplicação de testes em uma abordagem de sala de aula invertida de um curso teórico-prático de bioquímica / Thanuci Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Eduardo Galembeck.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Bioquímica - Estudo e ensino. 2. Sala de aula invertida. 3. Estratégias de aprendizagem. I. Galembeck, Eduardo, 1968-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Planning, developing, and evaluating quizzes implemented into a flipped classroom approach in a biochemistry lab course

Palavras-chave em inglês:

Biochemistry - Study and teaching
Flipped classroom
Learning strategies

Área de concentração: Bioquímica

Titulação: Doutora em Biologia Funcional e Molecular

Banca examinadora:

Eduardo Galembeck [Orientador]
Vera Maria Treis Trindade
Cláudio Chrysóstomo Werneck
Armando Antonio Alves
Gildo Giroto Júnior

Data de defesa: 26-03-2018

Programa de Pós-Graduação: Biologia Funcional e Molecular

Campinas, 26 de Março de 2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Galembeck

Profa. Dra. Vera Maria Treis Trindade

Prof. Dr. Cláudio Chrysóstomo Werneck

Prof. Dr. Armino Antonio Alves

Prof. Dr. Gildo Giroto Júnior

Os membros da comissão examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.

DEDICATÓRIA

Ao Marinho Ribeiro da Silva, meu avô paterno. Pelas madrugadas que caminhou sem alimento e sem calçados nas estradas de terra de Formiga – MG em busca de Educação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, pela saúde e pelas pessoas que irei agradecer nos próximos parágrafos.

Agradeço à minha família, por compartilhar comigo a paciência necessária para levar adiante a carreira acadêmica. Especialmente à minha mãe Elizete, por ter me alfabetizado e por me mostrar que o verdadeiro poder e independência está nas mãos de quem tem conhecimento.

Ao professor Eduardo Galembeck por esses 10 anos de amizade, de confiança e de ensinamentos. Por ter me acolhido em seu laboratório naquele 26 de Março de 2008 com tão pouca informação a meu respeito. Agradeço também por ter sido meu pai e minha família nos momentos em que eu estava longe dos meus. Este trabalho só foi possível graças a sua boa vontade e as incontáveis oportunidades que ele me deu ao longo desses anos. Ele sempre esteve por trás de cada vitória que conquistei, sem exceções. Nós, alunos do professor Eduardo temos consciência de que somos muito privilegiados em tê-lo como orientador e que o dia mais difícil de se enfrentar em seu laboratório é o dia de partir. Serei grata eternamente por tudo.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Tecnologia Educacional, especialmente meus amigos: Mestra Grace Keiler (Bolinha), Dra. Aakanksha Angra Dra. Cláudia Bortolatto e Dr. Rafael S. C. Souza (Farfs) por sempre estarem ao meu lado me apoiando e ao mesmo tempo, como ótimos pesquisadores que são, sempre dispostos a contribuir com meu trabalho.

Finalmente, gostaria de agradecer aos alunos do curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Campinas, turmas 2015 e 2016, pela disponibilidade em participar desta pesquisa. E também à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por financiar este trabalho através do processo 2014/24432-0.

EPÍGRAFE

“Saber é poder.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

Dado o caráter interdisciplinar em termos de conceitos e experimentação que a Bioquímica adquiriu ao longo dos anos, se tornando integrada com a Química, a Matemática e a Biologia Molecular, sociedades científicas atentaram para necessidade de mudanças no ensino dessa disciplina. Mudanças que vão desde sua metodologia de abordagem em sala de aula, até conceitos centrais ensinados. Neste sentido, planejamos, desenvolvemos e avaliamos a aplicação de testes em uma disciplina de *Bioquímica de Proteínas* onde está implementada uma metodologia de Sala de Aula Invertida. Dada a extensão de assuntos tratados e o tempo limitado para discussão e realização dos experimentos, propomos a utilização dos testes para propiciar aos professores a identificação das dificuldades prévias dos estudantes e proporcionar aos alunos a oportunidade de trazer questões pertinentes para a sala de aula. Além disso, identificamos as diferentes estratégias de aprendizado dos alunos quando submetidos a esta metodologia, para traçar as correlações entre a utilização dos testes e o desempenho dos estudantes nas provas da disciplina. Para tal, aplicamos testes validados como tarefas extra classe, uma semana antes do conteúdo ser tratado em sala de aula. Utilizamos um Ambiente Virtual de Aprendizado chamado 3D Class para disponibilizar os testes, o qual conta com um completo banco de dados a respeito dos estudantes. Durante a aplicação observamos diferentes comportamentos dos alunos ao realizar os testes. Com isso, a fim de mensurar as implicações dos testes no desempenho dos alunos, primeiramente identificamos as diferentes estratégias de aprendizado utilizadas por eles de acordo com o *framework* descrito por Biggs (1988). Então, através de uma análise multivariada de *cluster* denominada *K-means*, agrupamos os alunos em quatro grupos classificados pelas suas estratégias de aprendizado: Superficial, Profunda, Conquistadora e Multi-estratégica. A análise estatística descritiva e inferencial dos dados mostraram que os testes tiveram diferentes impactos no desempenho dos estudantes dependendo da estratégia utilizada por eles. Para os alunos classificados como superficiais esta abordagem apresentou um papel positivo apenas naqueles tópicos onde as habilidades mais simples do ponto de vista cognitivo foram mais abundantes. Para os alunos da estratégia Profunda, os testes apresentaram papel positivo naqueles tópicos em que habilidades mais complexas foram privilegiadas. Para aqueles alunos classificados como Conquistadores o bom desempenho nas provas parece estar mais relacionado com sua motivação em alcançar maiores notas e em competir com os colegas do que com a realização dos testes por si só. Por fim, aqueles alunos multi-estratégicos, foram aqueles em que os testes apresentaram maior papel positivo no desempenho nas provas da disciplina.

ABSTRACT

Given the interdisciplinary trait that Biochemistry acquired regarding concepts and experiments over the years, becoming integrated with Chemistry, Mathematics, and Molecular Biology, scientific societies warned the need of changes in this course teaching. Changes that come from its methodologies until the core concepts taught. In this sense, we planned, developed and evaluated quizzes implemented in a biochemistry of proteins course running a flipped classroom methodology. Given the number of topics covered and the limited time for discussions and experiments performance, we proposed the use of quizzes to allow instructors the identification of students first difficulties and to give students the opportunity to bring relevant questions to the classroom. Furthermore, we aimed to identify the different students' approaches to learning when subjected to the quizzes, to draw the correlation between its use and students performance on exams. To do so, we applied validated quizzes outside the class, one week before the content was taught. We used a Virtual Learning Environment called 3D Class to deliver the quizzes, which has a complete database of students' behavior. During the application, we observed different students' approaches taking the quizzes. Thus, to estimate the implications of the quizzes on students' performance, we first identified the different approaches to learning used by them according to the framework described by Biggs (1988). Then, through a multivariate cluster analysis called K-means, we grouped the students into four learning strategies: Surface, Deep, Achievement, and Multi-strategic. The descriptive and inferential statistical analysis of the data showed that the quizzes had different impacts on students' performance depending on the strategy used by them. To students identified as Surface, it played a positive role only in those topics where simplistic cognitive abilities were more abundant. For students of the Deep strategy, the quizzes played a positive role in those topics in which more complex abilities were privileged. For those students identified as Achievement, the good performance in the exams seems to be more related to their motivation to achieve higher grades and to compete with peers than with the quizzes themselves. Finally, those students who did not present a defined strategy were those in which the quizzes played a greater positive role in the performance in the course partial exams.

LISTAGEM DE FIGURAS

Figura 1: Estruturação do 3PModel proposto por Biggs (1978). Adaptado de Biggs (1978).	24
Figura 2: Estruturação das atividades práticas desenvolvidas na disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> . Adaptado de Silva & Galembeck (2017).	32
Figura 3: Distribuição da média final da disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> entre as atividades propostas durante o curso. A numeração no gráfico representa o peso de cada instrumento de avaliação.	34
Figura 4: Lousa do 3D Class com os elementos que compõem uma disciplina cadastrada.	36
Figura 5: Captura de tela mostrando como os testes aplicados foram apresentados aos alunos.	37
Figura 6: Ranking do aplicativo 3D Class.	38
Figura 7: Panorama do desempenho dos estudantes em um teste disponibilizado no 3D Class.	39
Figura 8: Curva Característica do Item. O eixo y representa a probabilidade dos alunos analisados respondê-lo corretamente. O eixo x representa o grau de dificuldade do item para aquela amostra de alunos. Tomado de González-Montesinos (2008).	43
Figura 9: Mapa de Wright gerado pela maioria dos softwares que desempenham a Análise de Rasch. Cada “#” representa uma pessoa, enquanto cada número representa um item de um questionário hipotético.	44
Figura 10: Ilustração de duas régua utilizada para representar um questionário que segue o modelo Rasch e um questionário que não segue o modelo. Tomada de Boone et. Al (2014).	46
Figura 11: Panorama da estrutura metodológica do presente trabalho.	48
Figura 12: Gráfico de dispersão multivariado de matriz. Tomado de Jacoby (1998).	50
Figura 13: Representação gráfica do <i>Elbow Method</i> . A seta indica o número de clusters ideal para a amostra exemplificada.	51
Figura 14: Imagem contendo diferentes grupos de dados e seus coeficientes de correlação de Pearson (r). Imagem de domínio público criada por Denis Boigelot... ..	55
Figura 15: Exemplo de função monotônica crescente. Imagem de domínio público criada por Oleg Alexandrov.	56
Figura 16: Curvas características dos itens que compuseram o teste Sistemas Tampão em 2015. As questões destacadas são aquelas que foram encaminhadas para reformulação.	59
Figura 17: Curvas características dos itens que compuseram o teste Proteínas em 2015. As questões destacadas são aquelas que foram encaminhadas para reformulação.	60
Figura 18: Curvas características dos itens que compuseram o teste Enzimas em 2015. As questões destacadas são aquelas que foram encaminhadas para reformulação.	61

Figura 19: Fluxo de passos que culminou na identificação das diferentes estratégias de aprendizado e suas análises.	69
Figura 20: Resultados obtidos com o <i>Elbow Method</i> (n = 1672 tentativas). A seta indica o número de grupos selecionado para a presente análise.	70
Figura 21: Análise de cluster proveniente de todas as tentativas dos alunos em realizar os testes disponibilizados no <i>3D Class</i> (n = 1672 tentativas).....	71
Figura 22: Resultados da alocação dos alunos em cada estratégia de aprendizado definidos por Biggs (1988) e o quarto grupo, multi-estratégico, que resultou da análise de frequência.....	73
Figura 23: Resultado da comparação das médias finais da disciplina em cada estratégia estabelecida: Profunda (n = 66), Superficial (n = 37), Conquistadora (n = 18) e Multi-estratégica (n = 26). Todas as comparações são estatisticamente significantes ($p < 0,05$).	75
Figura 24: Média das provas aplicadas na disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> para cada estratégia estabelecida. Profunda (n = 176), Superficial (n = 89), Conquistadora (n = 51) e Multi-estratégica (n = 65).	77
Figura 25: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como superficiais. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.	79
Figura 26: Número de ocorrências das habilidades relacionadas à interpretação de representações externas e memorização nas provas da disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> . Dados provenientes de um total de 167 habilidades contadas.....	80
Figura 27: Número de ocorrências das habilidades relacionadas à integração e transferência de conceitos nas provas da disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> . Dados provenientes de um total de 198 ocorrências.....	81
Figura 28: Média das provas da estratégia Superficial. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão (n = 31), Proteínas (n = 34) e Enzimas (n = 24).83	
Figura 29: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como profundos. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.	84
Figura 30: Média das provas da estratégia Profunda. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão (n = 62), Proteínas (n = 62) e Enzimas (n = 53).86	
Figura 31: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como conquistadores. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.	87
Figura 32: Média das provas da estratégia Conquistadora. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão (n = 18), Proteínas (n = 17) e Enzimas (n = 16).....	89
Figura 33: Resultados da contagem de possíveis competidores por estratégia de aprendizado: Superficial (n = 37), Profunda (n = 66), Conquistadora (n = 17).....	90

Figura 34: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como multi-estratégicos. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas..... 91

Figura 35: Média das provas dos alunos multi-estratégicos. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão (n = 24), Proteínas (n = 25) e Enzimas (n = 26)..... 93

LISTAGEM DE TABELAS

Tabela 1: Conceitos fundamentais definidos pela ASBMB e detalhados por Tansey e colaboradores (2013), adequados à disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> , cenário deste estudo.	18
Tabela 2: Habilidades classificadas de acordo com o modelo de Anderson et al (2013), de raciocínio com conceitos e Representações Externas.....	19
Tabela 3: Cronograma da disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i> . Os itens em negrito representam os testes que foram aplicados naquela semana. ED = Estudo Dirigido, AT = Aula Teórica, PL = Prática de Laboratório, PC = Prática no Computador.	33
Tabela 4: Habilidades classificadas de acordo com o modelo CRM, de entendimento conceitual e de Representações Externas.	40
Tabela 5: Ficha de Revisão de Item propostas aos especialistas. Adaptada de Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), 2010 ¹⁵	41
Tabela 6: Pacotes do RStudio® utilizados na Análise de grupos <i>K-means</i>	49
Tabela 7: Resultados hipotéticos da análise de frequência desempenhada pelo software RStudio®. A intensidade da coloração da célula indica o quanto as tentativas foram alocadas em determinado cluster.	52
Tabela 8: Tabela utilizada para caracterizar os clusters provenientes da análise <i>K-means</i>	53
Tabela 9: Pacotes utilizados nas análises estatísticas descritivas do presente trabalho.	53
Tabela 10: Pacotes de algoritmos do RStudio® utilizados neste trabalho.	56
Tabela 11: Dados de consistência das questões aplicadas via <i>3D Class</i> no ano de 2015.	58
Tabela 12: Principais características dos testes de interesse aplicados na disciplina <i>Bioquímica de Proteínas</i>	62
Tabela 13: Questão do teste Sistemas Tampão que os alunos do ano de 2015 tiveram mais dificuldade em responder.	63
Tabela 14: Questão do teste Sistemas Tampão que os alunos do ano de 2016 tiveram mais dificuldade em responder.	64
Tabela 15: Questão do teste Proteínas que os alunos do ano de 2015 tiveram mais dificuldade em responder.	65
Tabela 16: Questão do teste Proteínas que os alunos do ano de 2016 tiveram mais dificuldade em responder.	66
Tabela 17: Questão do teste Enzimas que os alunos do ano de 2015 tiveram mais dificuldade em responder.	66
Tabela 18: Questão do teste Enzimas que os alunos do ano de 2016 tiveram mais dificuldade em responder.	67
Tabela 20: Resultados das características dos clusters provenientes da análise <i>K-means</i>	72

Tabela 21: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias finais da disciplina para cada estratégia identificada.	74
Tabela 22: Valores de p referentes às comparações das médias finais de cada estratégia. Comparações realizadas pelo Teste de Dunn.	74
Tabela 23: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das avaliações parciais da disciplina para cada estratégia identificada.	76
Tabela 24: Valores de p referentes às comparações das médias das avaliações parciais aplicadas. Comparações realizadas pelo Teste de Dunn.	76
Tabela 25: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das avaliações parciais da disciplina para cada tópico avaliado e para a estratégia Superficial.	82
Tabela 26: Resultados do teste de Dunn das médias das avaliações parciais da disciplina para cada tópico avaliado nas avaliações parciais da disciplina e para a estratégia Superficial.	83
Tabela 27: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das avaliações parciais para cada tópico avaliado e para a estratégia Profunda.	85
Tabela 28: Resultados do teste MANOVA das médias das avaliações parciais da disciplina para cada tópico avaliado nas avaliações parciais da disciplina e para a estratégia Profunda.	86
Tabela 29: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das avaliações parciais para cada tópico avaliado nas avaliações parciais da disciplina e para a estratégia Conquistadora.	88
Tabela 30: Resultados do teste MANOVA multivariada das médias das avaliações parciais da disciplina para cada tópico avaliado nas avaliações parciais da disciplina e para a estratégia Conquistadora.	88
Tabela 31: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das avaliações parciais para cada tópico avaliado nas avaliações parciais da disciplina e para os alunos classificados como multi-estratégicos.	92
Tabela 32: Resultados do teste MANOVA das médias das avaliações parciais para cada tópico avaliado nas avaliações parciais da disciplina e para os alunos classificados como multi-estratégicos.	92

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	5
AGRADECIMENTOS.....	6
EPÍGRAFE.....	7
RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
LISTAGEM DE FIGURAS.....	10
LISTAGEM DE TABELAS	13
INTRODUÇÃO.....	17
A Necessidade de Mudanças no Ensino de Bioquímica: Conceitos, Habilidades e Avaliações.....	17
Sala de Aula Invertida e Ambientes Virtuais de Aprendizado.....	22
As Estratégias de Aprendizado dos Estudantes	23
Caracterização da Pesquisa: Estudo de Caso.....	28
PERGUNTAS DE PESQUISA.....	29
OBJETIVOS.....	30
CENÁRIO DE ESTUDO	31
MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3D Class: O Ambiente Virtual de Aprendizado Vetor dos Testes Implementados na Sala de Aula Invertida	36
Desenvolvimento do Banco de Questões e Testes de Validade e Confiabilidade das Questões	40
Análise de Rasch	42
Metodologias Estatísticas	47
Análise de Grupos K-means.....	49
Análise de Frequência.....	51
A identificação das diferentes estratégias de aprendizado	52
Análises Estatísticas Descritivas	53
Análises de Correlação	54
Levantamento das Habilidades Avaliadas nas Provas	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO	58

Quais são as implicações dos testes implementados na Sala de Aula Invertida na identificação de dificuldades prévias dos estudantes?	58
Quais são as diferentes estratégias de abordagem dos testes utilizadas pelos nossos estudantes?	69
Qual é a correlação entre o desempenho nos testes implementados e as provas das diferentes estratégias de aprendizado identificadas?	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS	96
ANEXOS.....	105
Anexo 1	105
Banco de Questões do 3DClass (2015).	105
Anexo 2	122
Código para realizar a Análise de Rasch e para plotar as curvas características dos itens.	122
Código para realizar o Elbow Method	122
Código para realizar a análise de cluster K-means e plotar o gráfico multivariado de dispersão de matriz	123
Código para realizar a Análise de Frequência	123
Códigos para realizar as Análises de Shapiro Wilk e Kruskal-Wallis	123
Código para realizar o Teste de Dunn.....	124
Anexo 3	125
Resultados da análise frequência dos grupos identificados na análise de cluster.	125
Anexo 4	129
Termo de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	129
Anexo 5	134
Declaração de Direitos Autorais.	134

INTRODUÇÃO

A Necessidade de Mudanças no Ensino de Bioquímica: Conceitos, Habilidades e Avaliações.

Sociedades científicas como a *American Society for Biochemistry and Molecular Biology* (ASBMB) reconheceram, através de documentos à comunidade científica¹⁻⁷, a necessidade de mudanças no ensino de Bioquímica. Esta chamada para a mudança partiu do caráter interdisciplinar em termos de conceitos e experimentação que a disciplina adquiriu ao longo dos anos, se tornando integrada com a Química, a Matemática e a Biologia Molecular.

As discussões que norteiam os documentos tem como objetivo encontrar um balanço entre aprofundar-se o suficiente para desenvolver o aprendizado conceitual e ao mesmo tempo propiciar um conhecimento integrado dos fatos⁷. Desta maneira, o estudante não foca apenas nos fundamentos de um conceito ou de uma disciplina, mas abrange seu aprendizado para a interdisciplinaridade da Bioquímica contemporânea^{6,8}. Com isso, reconheceu-se que o cenário onde atuam os estudantes é dinâmico e que o ensino precisa estar alinhado a esta realidade de transformações, se ajustando também às mudanças e avanços da pesquisa e da tecnologia utilizadas como recursos no ensino de Bioquímica².

Os desafios das mudanças não se limitam às definições dos conceitos adequados à realidade dos estudantes do século XXI, mas também permeiam as questões políticas, econômicas e sociais das universidades em que são implementadas. Portanto, ao invés de propor um modelo engessado de mudanças, o que se vê são conceitos centrais⁶ (Tabela 1), competências que servem de recursos e pontos de partida para uma comunidade científica diversa e criativa, capaz de moldar um ensino de Bioquímica situado e condizente com suas realidades únicas⁷.

Tabela 1: Conceitos fundamentais definidos pela ASBMB e detalhados por Tansey e colaboradores (2013), adequados à disciplina *Bioquímica de Proteínas*, cenário deste estudo.

<i>Catálise</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Enzimas • Propriedades da reação enzimática, V_0, $V_{\text{máx}}$, K_m, k_{cat}. • Cálculo de parâmetros da reação enzimática a partir de dados experimentais.
<i>Acoplado reações Exergônicas e Endergônicas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Energia Livre de Gibbs e como se aplica em transformações químicas. • Identificação de reações metabólicas que são favoráveis ou desfavoráveis e suas relações entre si. • Acoplamento de reações energeticamente desfavoráveis com reações energeticamente favoráveis.
<i>A natureza da energia biológica</i>
<ul style="list-style-type: none"> • A energia em forma de ATP e como ela é utilizada para o processamento de reações energeticamente desfavoráveis.
<i>Macromoléculas biológicas são grandes e complexas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Composição dos aminoácidos. • Síntese de proteínas em termos das unidades repetidas de aminoácidos que são compostas. • Ligações entre aminoácidos.
<i>A estrutura de macromoléculas é determinada por diversos fatores</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças na estrutura de proteínas de acordo com as condições do meio. • Processos de formação de estruturas tridimensionais em proteínas. • Estabilidade da estrutura tridimensional em proteínas.
<i>Estrutura e função de proteínas estão relacionadas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • A estrutura de proteínas e sua função biológica.
<i>Regulação Enzimática</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Regulação Alostérica. • Regulação Covalente.

Essa característica plástica proposta para o novo ensino de Bioquímica é crucial quando entendemos que a prática do ensino das Ciências da Vida requer mais que o entendimento desses conceitos centrais. Os estudantes precisam adquirir habilidades de memorização, mas também aplicar, transferir e comunicar o conhecimento^{4,9}. Habilidades estas que são muitas vezes esquecidas em meio ao aprendizado maquinal⁴ e que favorecem uma abordagem superficial dos conceitos pelos estudantes¹⁰.

Com relação às avaliações, séries de artigos como a “*Mini-Series: The ASBMB Recommended Biochemistry and Molecular Biology Undergraduate Curriculum and its Implementation*”^{2-6,8} e documentos como o “*Vision and Change in Undergraduate Biology Education. A Call to Action*”⁷ propõem objetivos de

aprendizagem que apresentam uma estrutura comum, com verbos selecionados da Taxonomia de Bloom¹¹ para serem usados como ponto de partida. Cada objetivo deve abranger tanto habilidades de baixo nível cognitivo como memorizar e descrever, quanto habilidades de alto nível cognitivo, como aplicar, transferir, relacionar⁶.

Em vista disso, Anderson et al (2013) descreveram um modelo sucinto de habilidades⁹ que contemplam a Taxonomia de Bloom e representam maneiras chave de raciocínio empregadas por especialistas em um contexto de Bioquímica. Neste modelo são descritas habilidades que podem ser empregadas tanto no aprendizado de conceitos apenas, quanto associadas ao aprendizado de Representações Externas (REs), que são imagens empregadas no ensino de Bioquímica (Tabela 2).

Tabela 2: Habilidades classificadas de acordo com o modelo de Anderson et al (2013), de raciocínio com conceitos e Representações Externas.

A. Alguns exemplos de raciocínio com conceitos (classificado como R-C)

Entender um conceito significa ter habilidade para:

1. Memorizar o conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.
2. Integrar o conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.
3. Transferir e aplicar o conceito para entender e resolver problemas interessantes.
4. Raciocinar analogicamente sobre um conceito.
5. Raciocinar localmente e globalmente sobre o conceito (raciocínio em sistemas)
6. Pensar metacognitivamente sobre o conceito.

B. Entender uma Representação Externa (RE) significa ter habilidade para:

1. Decodificar o simbolismo da linguagem que compõe a (RE).
 2. Avaliar o poder, as limitações e a qualidade de uma RE.
 3. Interpretar e usar uma RE para resolver um problema
 4. Manipular espacialmente uma RE para interpretar e explicar um conceito.
 5. Construir uma RE para explicar um conceito ou resolver um problema.
 6. Traduzir horizontalmente entre múltiplas RE de um conceito.
 7. Traduzir verticalmente entre RE que mostram diferentes níveis de organização e complexidade.
 8. Visualizar ordens de magnitude, tamanho relativo e escala.
-

Adaptada de Anderson & Schönborn 2013⁹

Esse modelo foi desenvolvido como guia e ferramenta analítica para o desenvolvimento de avaliações e remediação de dificuldades de raciocínio dos estudantes. Portanto, sabendo que habilidades de diferentes complexidades requerem avaliações que captam diferentes perspectivas⁷, uma mudança de

perspectiva de aprendizado requer também uma mudança na maneira como os alunos são avaliados.

A avaliação é definida por alguns autores como um julgamento do desempenho dos estudantes^{10,12,13}. Embora a definição pressuponha um mero mecanismo de ranqueá-los, nas novas perspectivas para o ensino de Bioquímica as avaliações são vistas como uma potente ferramenta de identificação e de controle do processo de ensino-aprendizagem¹⁰.

Existem dois tipos principais de avaliação: somativa e formativa¹³. Cada uma com sua eficiência atrelada a seu propósito. A avaliação somativa diz respeito ao julgamento de toda a evidência de aprendizado ao final de um módulo e/ou ao final do curso. Soma-se os pontos dos alunos e sabe-se quem se desempenhou melhor, mas não há possibilidade de intervenções nesse desempenho uma vez que o módulo ou o curso já chegou ao fim. A avaliação formativa funciona como pontos de apoio no percurso do aprendizado. Avalia-se o desempenho do aluno em determinado ponto, dá-se um feedback a respeito dos objetivos que deveriam ser atingidos naquele momento, e com base nisso, avança-se para a próxima etapa ou volta-se às etapas anteriores, até que os objetivos sejam atingidos e o curso chegue ao fim. Desta maneira, o alinhamento do estilo de avaliação com os objetivos da disciplina, transforma esse processo em uma potente ferramenta de identificação e remediação das dificuldades dos estudantes.

Além disso, não basta que o modelo adequado de avaliação seja aplicado, mas também que as avaliações revelem os aspectos em que os alunos estão com mais dificuldades. Neste sentido, a escolha do modelo de questões a serem aplicadas e uma análise da qualidade dessas questões antes e após a aplicação é essencial¹⁴.

As análises realizadas antes da aplicação de uma avaliação geralmente dizem respeito à validade (*validity*) dos itens que a compõem, ou seja se eles condizem os objetivos da avaliação. Enquanto as análises de consistência (*reliability*) estão preocupadas se a avaliação, caso fosse aplicada novamente a mesma turma de alunos, reproduziria os mesmos resultados¹⁴.

Um modelo de validação de instrumentos de avaliação comumente utilizado é a revisão por pares. Esse modelo é utilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP) nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)¹⁵, onde uma rubrica de avaliação é fornecida a dois ou mais especialistas

no assunto para mensurar a qualidade das questões e encaminhá-las para reformulação antes da aplicação, caso seja necessário.

Com respeito a consistência das questões aplicadas em um teste, uma análise muito difundida atualmente é a Análise de Rasch¹⁶. Este modelo matemático explica como o desempenho de um estudante em uma habilidade específica pode prever a resposta do estudante em uma questão envolvendo aquela mesma habilidade¹⁷.

Portanto, percebemos que o grande potencial diagnóstico da avaliação formativa no ensino de Bioquímica exige tempo hábil de desenvolvimento, aplicação, tabulação e reflexão a respeito dos dados dos alunos. Neste sentido, a evolução tecnológica aliada ao surgimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) viabilizou e otimizou a utilização da avaliação formativa. Desta maneira, não só o banco de dados e as estatísticas oferecidas pelas tecnologias, mas a possibilidade de se realizar tarefas fora do ambiente de sala de aula com metodologias centradas no estudante otimizou o tempo em sala de aula, situando o aprendizado e utilizando o tempo em classe com discussões mais relevantes.

Sala de Aula Invertida e Ambientes Virtuais de Aprendizado

Dada a quantidade de objetivos propostos pela disciplina de Bioquímica e a este cenário de mudanças constantes, uma abordagem difundida entre os cursos de Química, de Ciências Biológicas e da saúde¹⁸⁻²⁰ é a chamada Sala de Aula Invertida, em inglês *Flipped Classroom*. Esta abordagem, que é utilizada por universidades conceituadas como o MIT e *Stanford*²¹, consiste em utilizar o tempo fora da sala de aula para expor os alunos ao conteúdo e prepará-los previamente para as aulas^{22,23}, utilizando os encontros em sala principalmente para discussões entre os pares.

Um dos pioneiros nos relatos sobre a utilização da Sala de Aula Invertida foi Eric Mazur, professor de *Harvard*, em seu artigo “*Can we teach computers to teach*”. Na década de 90, ele criou uma unidade de instrução virtual para guiar os alunos fora da sala de aula²⁴. Desta maneira, os alunos o teriam disponível quando precisassem fazer questionamentos. Neste sentido, ao longo dos anos a Sala de Aula Invertida foi evoluindo em diferentes abordagens, como aquela proposta por Lage et al (2000)²⁵, a qual consistiu de diferentes mídias e apresentações de slides para serem utilizadas fora da sala de aula. Esta abordagem foi definitivamente popularizada por Bergman & Sams (2012)²⁶, os quais gravavam suas aulas em vídeo para contemplar estudantes que não compareciam aos encontros.

Embora atualmente não se defina um modelo específico, algumas maneiras de compor a Sala de Aula Invertida são através de tutoriais, leituras, vídeos, *podcasts* e até mesmo aplicando testes online através da avaliação formativa^{27,28}. Estas ferramentas representam apenas o ponto de partida do processo de inversão da sala de aula. Nessa abordagem, os alunos são encorajados a praticar habilidades de níveis cognitivos mais baixos fora da sala de aula como memorização e compreensão, e durante as aulas, com o auxílio do professor e dos colegas, podem se engajar em atividades de níveis cognitivos mais altos, como analisar, aplicar e transferir o conhecimento para resolver problemas^{29,30}. Desta maneira, o primeiro passo do aprendizado passa do espaço em grupo para o espaço individual e o espaço em grupo se transforma em um ambiente de discussões mais dinâmicas e criativas³¹.

A ideia de se utilizar um Ambiente Virtual de Aprendizado (AVA) para compor a Sala de Aula Invertida, partiu de estudos que mostram o quanto estes ambientes são potentes ferramentas de imersão no aprendizado^{31,32} e quando

gamificados³³, além de contar com espaços de compartilhamento e publicação dos conteúdos das disciplinas, são mesclados com os aspectos dinâmicos propiciados pelos jogos, favorecendo o engajamento dos alunos nos conteúdos e propiciando aos estudantes múltiplas perspectivas de aprendizado^{32,34,35}.

Além da Sala de Aula Invertida estar atrelada ao uso de tecnologias para atingir os alunos fora da sala de aula, as possibilidades desta parceria vão além de um mero vetor de conteúdo, uma vez que esta metodologia com o objetivo de coletar dados, identificar estratégias de aprendizado e monitorar o desempenho dos alunos é muito evidente, principalmente campo dos *Massive Open Online Courses* (MOOCs) e *Learning Management Systems* (LMS) e suas análises de dados em larga escala^{36–40}.

Atualmente, com a utilização da Sala de Aula Invertida emergiram um extenso número de estudos que permeiam não só a comunicação^{41–45}, mas a percepção, satisfação, atitudes e ansiedade dos estudantes^{20,27,31,46–50}. Também existe um considerável progresso no que diz respeito a sua efetividade em termos de melhora no aprendizado e no desempenho dos alunos^{18,19,27,43,46–48}. Portanto, esta é uma metodologia reconhecida por promover a aprendizagem ativa e centrada no estudante^{18,20,31} e também por melhorar o desempenho dos estudantes comparado com a sala de aula tradicional^{20,31}.

A disciplina cenário deste estudo utiliza um AVA chamado *3D Class*⁵¹ para compor o ponto de partida da Sala de Aula Invertida e para coleta de dados quantitativos na disciplina. Com base no completo banco de dados em tempo real proporcionado pelo aplicativo e em técnicas de *data mining*, como análise de cluster e análises estatísticas descritivas e inferenciais, pudemos também identificar as diferentes estratégias de aprendizado mostradas pelos estudantes sujeitos dessa pesquisa e também traçar um panorama das correlações da Sala de Aula Invertida em cada estratégia observada.

As Estratégias de Aprendizado dos Estudantes

Na década de 70, quando surgiram os primeiros estudos relacionando o desempenho acadêmico dos estudantes e sua conduta diante das tarefas aplicadas em sala de aula, acreditava-se que todos seguiam o mesmo caminho de aprendizado para o sucesso⁵². Entretanto, considerando que o comportamento é uma função da interação da pessoa com o ambiente, outros estudos começaram a

surgir relacionando fatores pessoais e institucionais, como personalidade e métodos de ensino com a motivação dos estudantes⁵²⁻⁵⁵.

Um dos principais precursores no estudo da influência da motivação na conduta dos estudantes frente a uma tarefa acadêmica, foi John Biggs (1978), o qual descreveu um modelo de aprendizagem baseado em 3 passos, *Presage*, *Process* e *Product*, chamado *3P Model* (Figura 1). Neste modelo, Biggs nota que os estudantes se engajam no processo de aprendizado por inúmeras razões. Estas razões, também chamadas de motivos, unidas ao contexto em que o aluno está inserido (*Presage*), determinam as estratégias dos alunos com as tarefas (*Process*), as quais determinarão a quantidade e a qualidade daquilo que é aprendido (*Product*)⁵³.

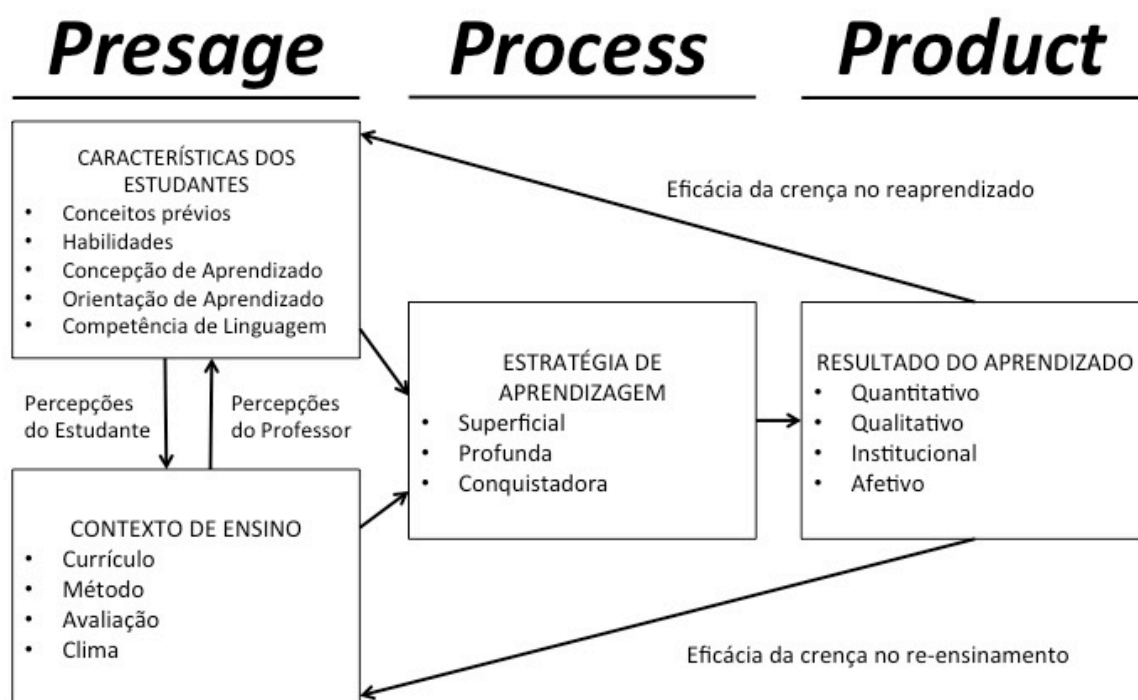


Figura 1: Estruturação do 3PModel proposto por Biggs (1978). Adaptado de Biggs (1978).

Envolvidos no primeiro passo do *3P Model*: *Presage*, temos as características dos estudantes como conceitos prévios, habilidades, concepção de aprendizado, orientação de aprendizado e competências de linguagem, além dos fatores do contexto da sala de aula, como a estrutura do curso e o conteúdo, modelos de ensino e de avaliação, assim como regras institucionais. No segundo

passo: *Process*, temos a maneira como os alunos encaram as atividades, baseado na suas motivações, no contexto e na natureza da tarefa em questão. A maneira como eles utilizam os processos cognitivos no aprendizado também estão localizados nesta fase. O terceiro e último passo: *Product*: se refere a como e quanto o aluno aprendeu e como isso se refletiu em seus sentimentos sobre seu próprio aprendizado^{53,56}.

Com isso, a predição do desempenho dos alunos passou a ser estudada a partir da interação entre fatores de personalidade e do ambiente em que este aluno está inserido, juntamente com a motivação que atua sobre ele^{53,57,58}. Desta maneira, diferentemente do que acreditava-se inicialmente, diferentes contextos e motivações levam a diferentes condutas e estas estão associadas a diferentes facetas de sucesso, dependendo de fatores intrínsecos ou extrínsecos atuando sobre a motivação dos estudantes^{53,56,59-62}.

Posteriormente, essas condutas diante das tarefas aplicadas em sala de aula, as quais estão dentro do passo *Process* do 3P Model, foram chamadas pelo próprio Biggs (1988) de Estratégias de Aprendizado. Uma estratégia de aprendizado pode também ser definida como um motivo individual para tal, o qual está associado a um contexto e a uma estratégia congruente⁵⁸.

O grande avanço no estudo das estratégias de aprendizado dos estudantes aconteceu na década de 70, onde muitos estudos trabalharam na identificação de estratégias quando confrontados com materiais instrucionais ou tarefas propostas pelos professores^{58,59,63}. Esta identificação iniciou-se com a aplicação de questionários, análise fatorial e estudos fenomenográficos⁶³⁻⁶⁷, que tinham como objetivo justamente relacionar os fatores intrínsecos e extrínsecos atuando nas estratégias dos estudantes e, através de entrevistas, também classificá-los segundo a estratégia de aprendizado apresentada e suas principais características^{58,63}.

Consequentemente, essas estratégias que os estudantes utilizam para abordar tarefas acadêmicas estão também relacionadas à variáveis cognitivas, afetivas, fisiológicas, psicológicas e sociológicas^{53,58,68}. Cognitivas porque ele está engajado em uma atividade de memorização, integração ou transferência do conceito proposto; afetivas pelo fato do aluno apresentar interesse ou desinteresse pela tarefa seja por afinidade com a disciplina ou pela aquisição de notas; fisiológicas pois está também relacionada aos sentidos da visão, audição e tato;

psicológicas porque a ocorrência de uma estratégia particular está relacionada à maneira como a personalidade do aluno interage com o ambiente; e finalmente é sociológica pois a maneira como determinada estratégia reage às suas responsabilidades é afetada pelas preferências da sociedade na qual ela está inserida^{58,68}. De acordo com Marton & Säljö (1976) e Biggs (1979), são conhecidas três estratégias de aprendizado principais: Superficial, Profunda e Conquistadora^{58-60,63,65,67,69,70}.

O aluno superficial é baseado em motivações extrínsecas, como notas e aprovação⁵⁸. Tem suas tarefas realizadas com mínimo esforço, mantendo uma concepção maquinal do aprendizado e concentrando-se na memorização dos signos para lembrar o máximo possível mais tarde, como fatos e fórmulas^{56,58-60,63}. Não está preocupado com conceitos prévios envolvidos, com o significado ou as implicações daquilo que a atividade propõe. Quando instigado a dissertar sobre determinado assunto, desenvolve respostas breves, pouco elaboradas, que são muitas vezes descrições ou reformulações das próprias questões propostas, mantendo seu aprendizado em níveis cognitivos procedurais e observacionais^{71,72}. Portanto, o bom desempenho do aluno superficial está muitas vezes relacionado a avaliações onde a reprodução de fatos e detalhes são priorizadas⁵⁸.

O aluno profundo é envolvido com a tarefa por motivação intrínseca e interesse no conteúdo da tarefa^{56,58,59}. Esta estratégia é conhecida por trabalhar suas ideias de maneira espontânea⁵⁹, direcionando sua atenção para os significados do material, se aprofundando em um conceito específico, encontrando suas ideias principais e a mensagem da atividade como um todo, monitorando a compreensão do conteúdo^{57,59,63,73,74}. Comumente, estes alunos são capazes de relacionar o que estão aprendendo naquele momento com conhecimentos previamente aprendidos ou que façam parte de seu contexto pessoal, exercitando níveis cognitivos organizacionais, indo além dos níveis procedurais e observacionais^{58,71,72}.

Consequentemente, ao utilizar processos cognitivos mais elevados para conduzir o aprendizado, o aluno profundo representa uma estratégia capaz de propiciar explicações mais longas e elaboradas, como relações de causa-efeito, estabelecer predições e fazer perguntas relevantes⁵⁹. Portanto, quando a avaliação é qualitativamente mais complexa, esta estratégia de aprendizagem está associada a uma boa performance.

O aluno conquistador é aquele que almeja o melhor desempenho possível^{58,65}. Ele é movido pelo ego⁷⁵, pela competição e pela aquisição de maiores notas, através da sistematização do seu tempo de estudo^{56,58}. Embora as estratégias Superficial e Profunda sejam mutuamente excludentes, a estratégia denominada Conquistadora pode atingir seu objetivo utilizando tanto a estratégia Superficial, quanto a estratégia Profunda, formando duas outras estratégias: a Conquistadora-superficial e a Conquistadora-profunda⁵⁸. Apesar disso, estes alunos tendem a usar mais estratégias superficiais, exercitando habilidades de baixo nível cognitivo como memorização dos fatos, para otimizar seu tempo de estudo e atingir seu objetivo de obter as melhores notas⁵⁹.

Apesar de bem definidas, Biggs (1988) relata que as estratégias nem sempre são permanentes durante a vida acadêmica dos estudantes, nem mesmo dentro de uma mesma disciplina. A pressão e o volume de atividades durante o semestre pode, apesar de não ser comum, levar o aluno a mudar sua estratégia ao longo de sua trajetória^{58,59}, havendo alunos que passam todo o curso com uma conduta fixa frente às tarefas e alunos que mudam de conduta de acordo com a tarefa proposta durante o curso, não apresentando uma estratégia definida. Ou mesmo, como tratarei mais tarde, são alunos que se adaptam às necessidades impostas pela tarefa e buscam assim os melhores rendimentos, em termos de notas, com talvez o menor gasto de tempo possível.

Diferentemente dos estudos precursores mencionados anteriormente, neste trabalho, através de dados dos testes aplicados na Sala de Aula Invertida via *3D Class*, identificamos quantitativamente as estratégias descritas por Biggs através de análise de cluster. Além disso, também identificamos aqueles alunos que ao longo do curso ora apresentavam uma estratégia, ora apresentavam outra. Desta maneira, pudemos comparar o desempenho de cada um desses grupos de alunos nas avaliações da disciplina e no curso como um todo, tentando corroborar com os resultados de desempenho já encontrados nesses estudos prévios.

Para o estudo da Sala de Aula Invertida, esta identificação é importante pois viabiliza o levantamento das implicações dos componentes desta metodologia no desempenho dos alunos. Além disso, diminui os ruídos que possam alterar os resultados quando tratados como um todo, como a ausência de significância nas relações estabelecidas. Portanto, a identificação das estratégias de aprendizado dos

estudantes permite que o papel dos testes implementados na Sala de Aula Invertida esteja correlacionado a sua respectiva estratégia de aprendizado.

Caracterização da Pesquisa: Estudo de Caso

A pesquisa contida neste trabalho deve ser interpretada dentro do contexto da Sala de Aula Invertida aplicada na disciplina *Bioquímica de Proteínas* nos anos de 2015 e 2016. Sabendo desta relação do contexto com as características que aproximam os estudantes das suas respectivas estratégias de aprendizado, caracterizamos este trabalho como um Estudo de Caso.

O Estudo de Caso no contexto da pesquisa pode ser definido como uma metodologia que permite a interpretação de uma situação em seu contexto, de maneira que os limites entre o contexto e o fenômeno não são evidentes, ou também como um estudo da influência do contexto em um fenômeno visando construir ou testar uma determinada teoria sobre o comportamento da população estudada⁷⁶.

No Estudo de Caso, o pesquisador não possui controle das variáveis estudadas, nem mesmo pode interpretar o fenômeno fora do contexto em que ele está sendo estudado. Consequentemente, umas das principais características deste estudo é que ele não pode ser generalizado para outras populações e normalmente é conduzido em pequenas amostras de pesquisa⁷⁷.

Dentre as categorias de Estudo de Caso existentes, este trabalho se encaixa em Teste e Dedução Positivista, uma vez que pretende-se não só testar e validar a identificação das diferentes estratégias de aprendizado já descritas por outros pesquisadores, mas também investigar as correlações dos testes implementados na Sala de Aula Invertida com as diferentes estratégias através de medições de variáveis pré-definidas, utilizando instrumentos de pesquisa como análises estatísticas^{78,79}.

PERGUNTAS DE PESQUISA

As seguintes perguntas de pesquisa norteiam o presente trabalho:

- Quais são as implicações dos testes implementados na identificação de dificuldades prévias dos estudantes?
- Quais são as diferentes estratégias de abordagem dos testes utilizadas pelos nossos estudantes?
- Qual é a correlação entre o desempenho nos testes implementados e as avaliações parciais das diferentes estratégias de aprendizado identificadas?

OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo planejar e desenvolver testes para compor uma abordagem de Sala de Aula Invertida, que sejam capazes de propiciar aos professores a identificação das dificuldades prévias dos estudantes e de proporcionar aos alunos a oportunidade de trazer questões pertinentes para a sala de aula. Além disso, identificar as diferentes estratégias de aprendizado dos alunos quando submetidos a esta metodologia para traçar as correlações da utilização dos testes no desempenho e na competição dos estudantes em uma disciplina teórico-prática de *Bioquímica de Proteínas*.

Neste sentido, este trabalho se propôs a especificamente:

- Planejar a implementação dos testes utilizando um AVA chamado *3D Class*;
- Desenvolver, validar e reformular as questões que foram incorporadas no AVA a cada aplicação;
- Identificar as implicações dos testes na identificação das primeiras dificuldades dos estudantes quando em contato com o conteúdo de Bioquímica;
- Identificar as estratégias utilizadas pelos alunos ao realizar os testes;
- Identificar as correlações dos testes implementados no desempenho de cada estratégia identificada.

CENÁRIO DE ESTUDO

A descrição que se segue, do contexto de ensino onde se deu a aplicação dos testes na Sala de Aula Invertida e a identificação das diferentes estratégias de aprendizado, representam a fase *Presage* do modelo descrito por Biggs (1978). Nesta seção, descrevemos como se dá a estrutura do curso e o conteúdo, os modelos de ensino e de avaliação aplicados, que fazem parte do contexto de ensino.

A disciplina em que este trabalho foi desenvolvido se chama *Bioquímica de Proteínas* e é oferecida aos alunos no segundo semestre do curso de Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura) da Universidade Estadual de Campinas. Em média, esta disciplina conta com 45 alunos por turma, o que totaliza 90 alunos por ano. Este trabalho foi aplicado nas duas turmas atendidas nos anos de 2015 e 2016, totalizando portanto, 180 estudantes. Os sujeitos dessa pesquisa totalizam 147 estudantes, uma vez que representam aqueles que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**Error! Reference source not found.**), portanto, concordaram em participar anonimamente desta pesquisa.

Com respeito à ementa da disciplina *Bioquímica de Proteínas*, esta é composta pelos seguintes tópicos gerais:

- Sistemas Tampão
- Aminoácidos e Proteínas: Composição, Estrutura e Função
- Termodinâmica
- Enzimas: Cinética, Regulação e Inibição

Esta disciplina é teórico-prática, as aulas teóricas são intercaladas com atividades práticas ligadas à teoria. Estas atividades práticas, são estruturadas para que os alunos fiquem intimamente envolvidos no processo de aprendizagem e na experimentação, conferindo autonomia ao seu aprendizado^{80,81}.

Durante o semestre, as atividades experimentais abordam três temas presentes na ementa da disciplina: Sistemas Tampão, Aminoácidos e Proteínas e Enzimas, nesta ordem (Figura 2). Estas atividades são estruturadas de maneira que a primeira é mais simples do ponto de vista conceitual e mais guiada pelo protocolo de aula prática, e com o decorrer das atividades, estas se tornam mais complexas em termos de conceitos e menos guiadas pelos protocolos de aulas práticas. Desta

maneira, os alunos são progressivamente estimulados a dominar o ambiente, os materiais e os experimentos executados no laboratório^{81,82}.

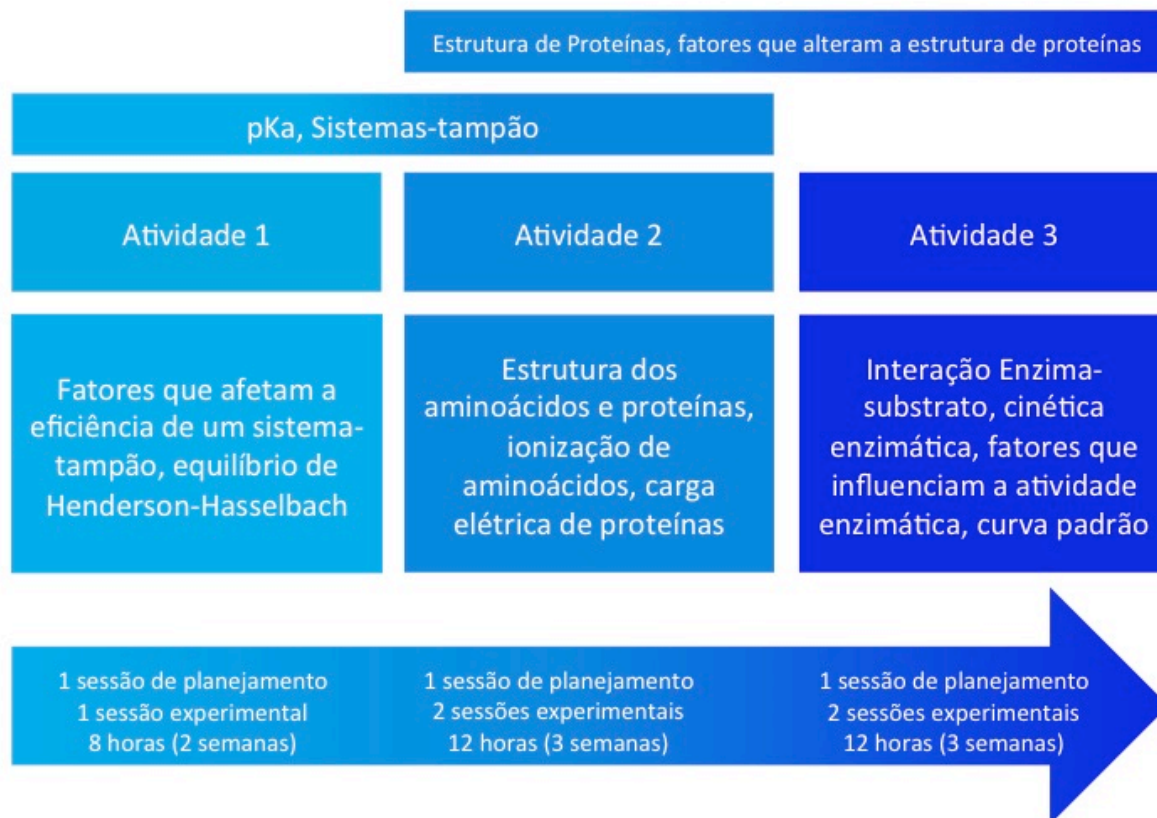


Figura 2: Estruturação das atividades práticas desenvolvidas na disciplina *Bioquímica de Proteínas*. Adaptado de Silva & Galembeck (2017).

Para estimular a discussão das atividades em laboratório os alunos são divididos em grupos de cinco a 7 membros. Grupos que se mantêm inalterados durante todo o semestre letivo. Em cada atividade é proposto um problema que deve ser discutido e experimentado utilizando a metodologia científica e embasamento teórico. Desta maneira, eles são responsáveis pela pesquisa, planejamento e execução dos experimentos baseados nos materiais e literatura disponíveis⁸⁰.

Portanto, levando em consideração que a disciplina conta com uma carga horária de 4 horas semanais e um extenso cronograma de atividades a serem executadas, o tempo despendido em laboratório ou em sala de aula necessita ser permeado por discussões relevantes. Por este motivo, os testes foram implementados na Sala de Aula Invertida, para que desta maneira o professor

pudesse identificar previamente as primeiras dúvidas dos alunos e para que estes fossem capazes de assimilar e trazer suas primeiras indagações para a aula.

Na Tabela 3, descrevemos como a Sala de Aula Invertida esteve implementada na disciplina *Bioquímica de Proteínas*, semana a semana. Os itens indicados em negrito representam os testes que foram aplicados fora da sala de aula.

Tabela 3: Cronograma da disciplina *Bioquímica de Proteínas*. Os itens em negrito representam os testes que foram aplicados naquela semana. ED = Estudo Dirigido, AT = Aula Teórica, PL = Prática de Laboratório, PC = Prática no Computador.

Semana	Assunto
#1	Apresentação do curso. Introdução ao Laboratório de Bioquímica (ED) T01 - Sistemas Tampão: Aspectos Teóricos
#2	(AT) Sistemas Tampão (PL/ED/PC) Sistemas Tampão - Planejamento de experimentos T02 - Sistemas Tampão: Métodos Experimentais e Uso do Laboratório
#3	(PL) Sistemas Tampão – Execução de experimentos T03 - Aminoácidos e Proteínas: Aspectos Teóricos
#4	(AT) Aminoácidos e Proteínas – estrutura (AT) Estrutura e função de proteínas T04 - Proteínas: Métodos Experimentais I
#5	(AT) Aminoácidos e proteínas – Métodos de Estudo (PL/ED) Aminoácidos e Proteínas - Planejamento de experimentos T05 - Proteínas: Métodos Experimentais II
#6	(PL) Aminoácidos e Proteínas – Execução de experimentos T06 - Proteínas: Métodos Experimentais III
#7	(PL) Aminoácidos e Proteínas – Execução de experimentos
#8	PROVA I T07 - Termodinâmica
#9	(AT/ED) Termodinâmica T08 - Cinética e Regulação Enzimática
#10	(AT/ED/PC) Cinética Enzimática T09 - Enzimas Métodos Experimentais I
#11	(AT/ED) Regulação Enzimática T10 - Enzimas Métodos Experimentais II
#12	(PL/ED) Enzimas – Planejamento de experimentos T11 - Enzimas Métodos Experimentais III
#13	(PL) Enzimas – Execução de experimentos T12 - Enzimas Métodos Experimentais IV
#14	(PL) Enzimas – Execução de experimentos
#15	Prova II
#16	EXAME

Os testes serviram como instrumento de avaliação formativa para os professores que tiveram interesse em utilizá-los para preparar a aula de acordo com as primeiras dificuldades dos estudantes e fornecer feedback a respeito do desempenho destes nos testes.

Sobre os instrumentos de avaliação da disciplina, estes apresentam pesos diferentes na nota final, a qual é distribuída entre as atividades propostas de acordo com a Figura 3.

Composição da Média Final

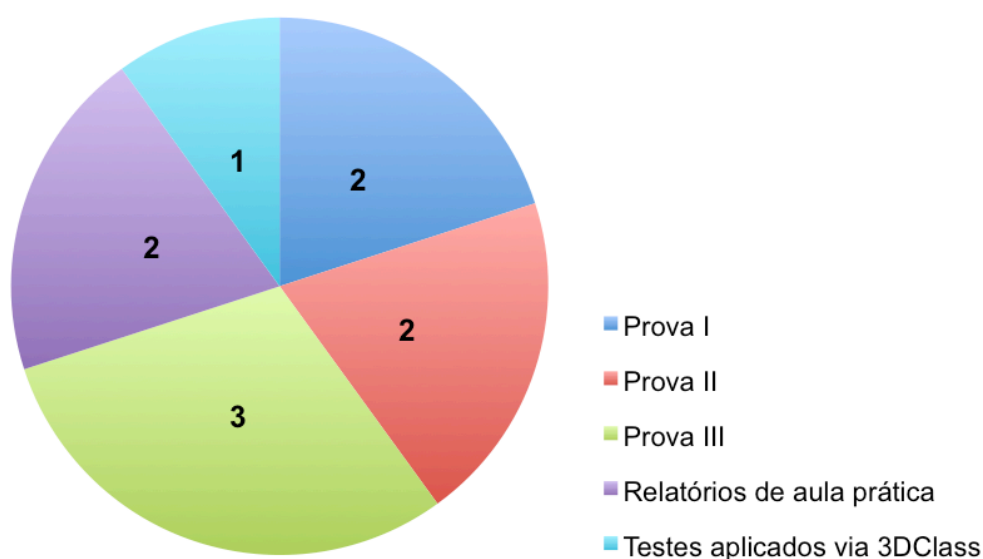


Figura 3: Distribuição da média final da disciplina *Bioquímica de Proteínas* entre as atividades propostas durante o curso. A numeração no gráfico representa o peso de cada instrumento de avaliação.

Os testes representaram uma pequena porção da nota total do curso, enquanto as provas aplicadas em papel e os relatórios de aulas práticas representam a maior parte das notas atribuídas às atividades. Dos componentes mostrados na Figura 3, apenas os relatórios são atividades desenvolvidas em grupos.

A disciplina contou com três provas em cada semestre que foi oferecida. A primeira prova abordou os tópicos Sistemas Tampão e Aminoácidos e Proteínas, a segunda Termodinâmica e Enzimas e a terceira abordou todo o conteúdo ensinado durante o semestre.

As questões que compuseram estas provas foram formuladas pelo professor responsável pela disciplina, as quais foram categorizadas *a posteriori* nas

habilidades correspondentes àquelas dos testes aplicados via *3D Class*. Desta maneira obtivemos uma quantificação das habilidades avaliadas. Esta quantificação foi realizada utilizando a Análise de Conteúdo pela perspectiva de Bardin⁸³, por meio do software NVivo[®].

MATERIAIS E MÉTODOS

3D Class: O Ambiente Virtual de Aprendizado Vetor dos Testes Implementados na Sala de Aula Invertida

Para implementar os testes na Sala de Aula Invertida e consequentemente propiciar o primeiro contato dos alunos com o conteúdo da disciplina *Bioquímica de Proteínas*, foi utilizado o aplicativo *3D Class*^{51,84,28}, um Ambiente Virtual de Aprendizado desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa⁵¹. Este software apresenta uma interface imersiva em primeira pessoa, que favorece o engajamento dos estudantes³³. Nesta interface, o aluno tem a sensação de realmente entrar em uma sala de aula, onde ele se depara com elementos que a compõem, como a lousa, a mesa do professor, dentre outros (Figura 4).

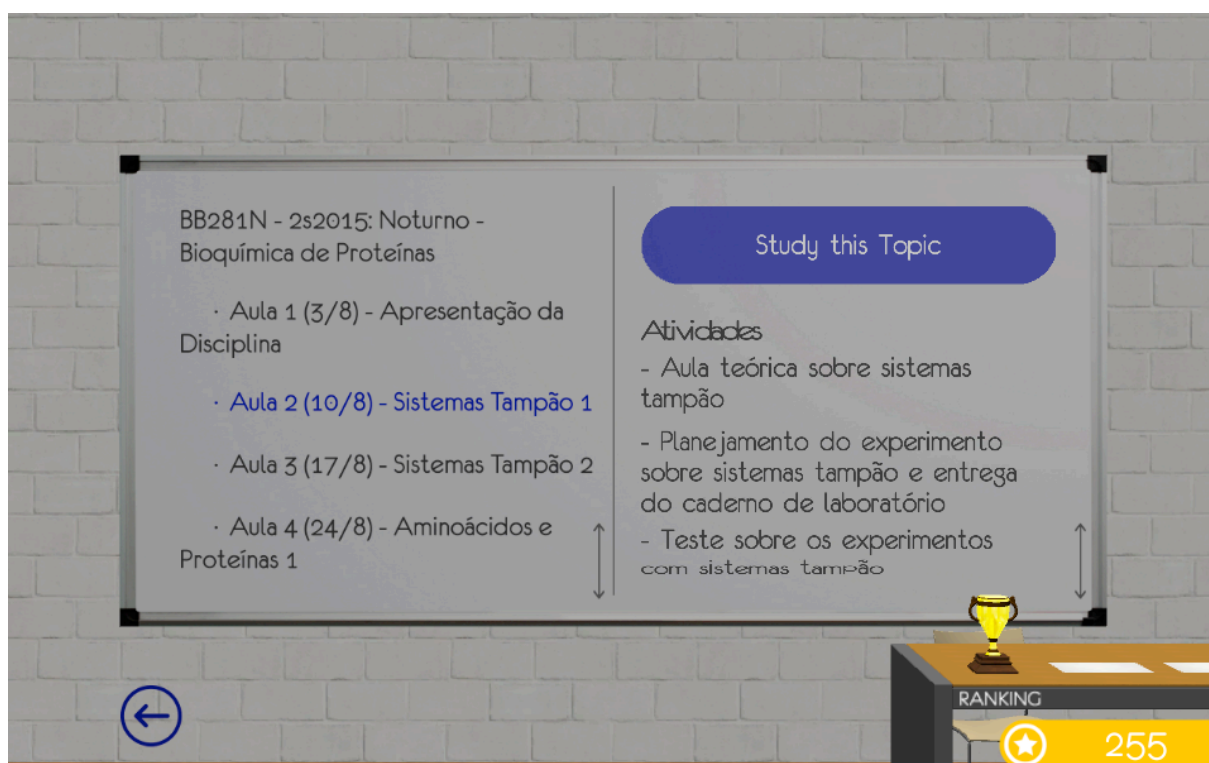
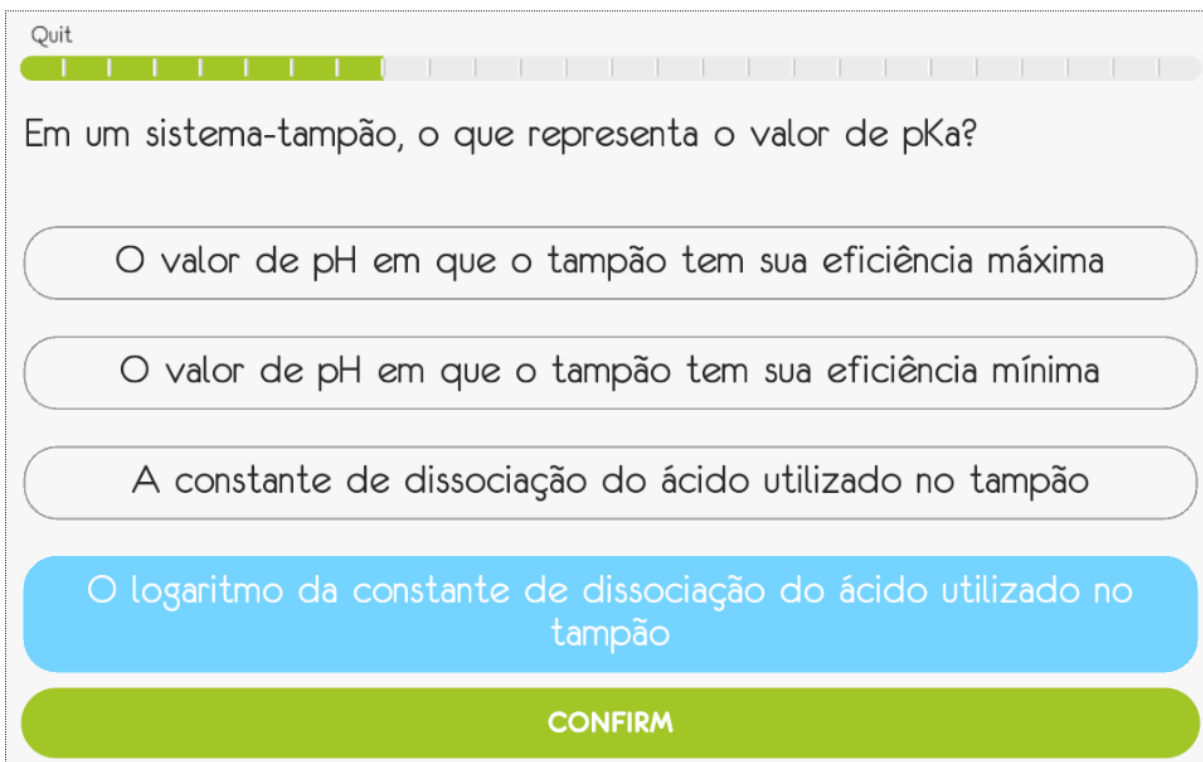


Figura 4: Lousa do *3D Class* com os elementos que compõem uma disciplina cadastrada.

Para os alunos, o *3D Class* possibilitou a praticidade de realizar os testes em qualquer local com conexão com a internet e uma interface amigável (Figura 5).



Quit

Em um sistema-tampão, o que representa o valor de pK_a ?

- ☐ O valor de pH em que o tampão tem sua eficiência máxima
- ☐ O valor de pH em que o tampão tem sua eficiência mínima
- ☐ A constante de dissociação do ácido utilizado no tampão
- ☒ O logaritmo da constante de dissociação do ácido utilizado no tampão

CONFIRM

Figura 5: Captura de tela mostrando como os testes aplicados foram apresentados aos alunos.

Além disso, possibilitou seu engajamento fora da sala de aula, através dos componentes de imersão e de competitividade com os quais foi desenvolvido, como o ranking de pontuação dos alunos (Figura 6), onde eles puderam acompanhar em tempo real as posições de seus colegas de classe e competir por melhores pontuações.

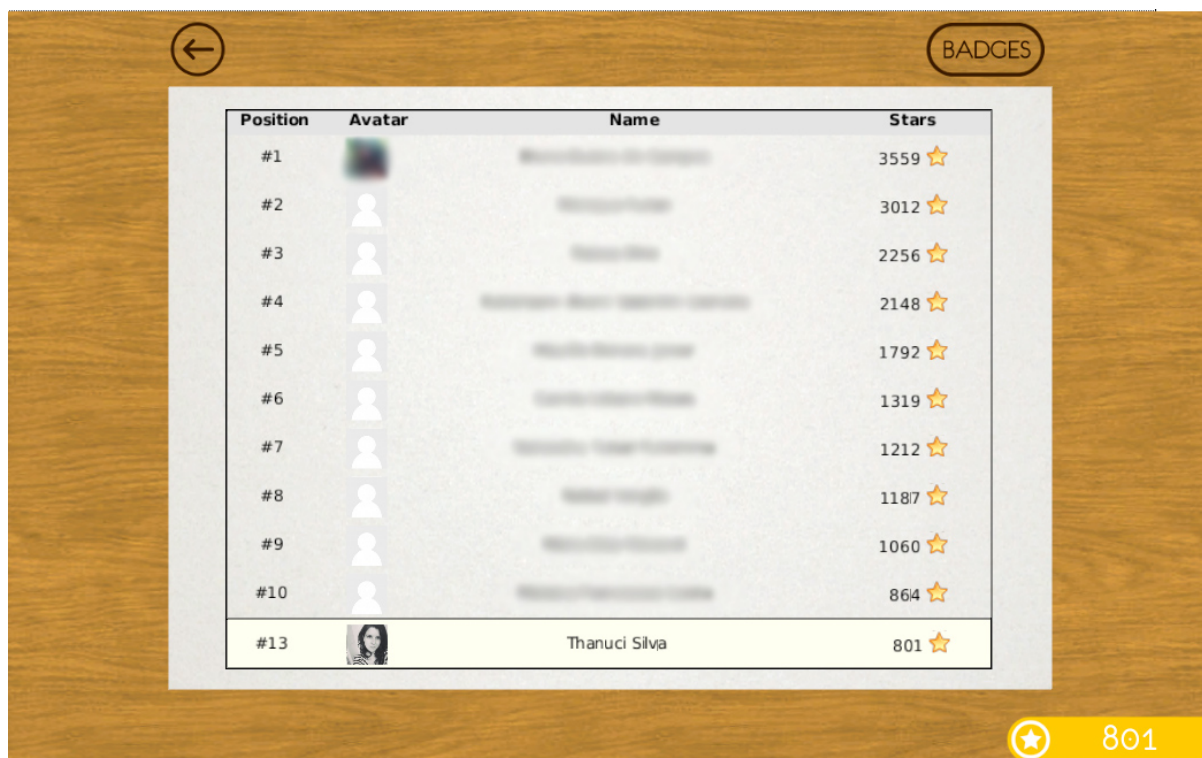


Figura 6: Ranking do aplicativo *3D Class*.

Em estudo piloto realizado na *Purdue University*, EUA, esse aplicativo mostrou-se também um potente facilitador na identificação das dificuldades dos estudantes⁸⁴. Uma vez que ele conta com um banco de dados completo e em tempo real a respeito do comportamento e do desempenho dos alunos realizando os testes.

Dentre os relatórios que compõem o banco de dados do *3D Class*, temos os resultados por questão (Figura 7), onde o professor tem um panorama das dificuldades dos estudantes em cada questão de um determinado teste. Este relatório conta com informações sobre a porcentagem de tentativas que os estudantes dedicaram a cada alternativa, seja ela correta ou não.

QuestionId	Question	Answered n times	alternative 1		alternative 2		alternative 3		alternative 4	
			answer	%	answer	%	answer	%	answer	%
4795	Enzimas são proteínas com a capacidade de:	140	Aumentar a velocidade das reações que catalisam	94.3% (132)	Alterar a variação de energia livre de reações	1.4% (2)	Aumentar a energia de ativação de reações	3.6% (5)	Alterar o equilíbrio químico de reações	0.7% (1)
4796	Sobre as enzimas, podemos afirmar que:	140	Catalisam praticamente todas as reações bioquímicas	79.3% (111)	Diminuem a energia livre da reação	10.7% (15)	Alteram o equilíbrio das reações	3.6% (5)	Todas as enzimas conhecidas são proteínas	6.4% (9)
4797	Uma enzima tem número de classificação enzimática E.C. 2.7.1.1. O que representa, respectivamente, cada um dos dígitos?	141	Classe, subclasse, grupos químicos que participam da reação e enzima propriamente dita	62.4% (88)	Enzima propriamente dita, classe, subclasse e grupos que participam da reação	9.9% (14)	Enzima propriamente dita, classe, subclasse, e tipo da enzima	5.0% (7)	Classe, tipo, grupos químicos que participam da reação e enzima propriamente dita	22.7% (32)
4798	A constante de Michaelis-Menten pode ser vista como uma medida de afinidade entre:	141	A enzima e o substrato ao qual ela se liga	89.4% (126)	A enzima e o produto da reação	5.0% (7)	O substrato e o produto da reação	3.5% (5)	A enzima e o tampão da reação	2.1% (3)
4799	Qual é a principal diferença entre inibição competitiva e inibição não-competitiva, do ponto de vista da ligação da enzima com o inibidor?	139	Na primeira, o inibidor se liga no sítio catalítico da enzima. Na segunda, a ligação ocorre em outros locais da molécula	96.4% (134)	Em ambas inibições o inibidor não se liga no sítio catalítico da enzima	0.7% (1)	Em ambas inibições o inibidor se liga no sítio catalítico da enzima	1.4% (2)	Na primeira, o inibidor se liga em qualquer local da enzima. Na segunda, a ligação ocorre no sítio catalítico da molécula	1.4% (2)
4800	Como podemos determinar a eficiência catalítica de uma enzima?	139	Dividindo o valor de sua constante catalítica (k_{cat}) pelo valor de seu K_m para determinado substrato	69.8% (97)	Dividindo o valor de seu K_m para determinado substrato pela concentração de enzima	12.2% (17)	Dividindo o valor de seu K_m pelo valor de sua constante catalítica (k_{cat}) para determinado substrato	10.8% (15)	Dividindo o valor de seu K_m para determinado substrato pela concentração de substrato	7.2% (10)

Figura 7: Panorama do desempenho dos estudantes em um teste disponibilizado no *3D Class*.

Portanto, para os professores, o *3D Class* proporcionou a praticidade de obter os dados dos estudantes prontamente tabulados e em tempo real e também a possibilidade de adequar as aulas que se seguiam de acordo com o panorama observado.

Para as discussões do presente trabalho, utilizamos todo o aporte de relatórios de dados do *3D Class* para coletar informações, tais como: nota, duração de um teste, número de tentativas, alternativas selecionadas e também o ranking dos alunos que ganharam mais pontos realizando os testes, para que pudéssemos obter índices de competição entre eles.

Desenvolvimento do Banco de Questões e Testes de Validade e Confiabilidade das Questões

Para compor o banco de questões utilizado na Sala de Aula Invertida foram desenvolvidas algumas questões originais e outras foram selecionadas de livros texto⁸⁵. Os testes eram compostos por 28 questões, exceto sobre Aminoácidos e Proteínas, que conteve 56 questões, dada a extensão do assunto tratado e da sua importância dentro da disciplina com um todo.

Tansey e colaboradores⁶, discutiram em uma série de artigos^{1,5,6,8} os conceitos fundamentais e habilidades necessárias para o aprendizado de Bioquímica propostos pela ASBMB, os quais já foram discutidos na introdução do presente trabalho. Portanto, utilizamos algumas dessas premissas, conforme a Tabela 1. Feito este mapeamento, as questões utilizadas na Sala de Aula Invertida respeitaram a ementa da disciplina e seguiram a linha dos conceitos mapeados.

Além disso, sabendo que esses conceitos permitem explorar tanto habilidades de baixo nível cognitivo quanto de alto nível cognitivo, as questões utilizadas na Sala de Aula Invertida também foram desenvolvidas ou adequadas com base no modelo adaptado de habilidades descrito por Anderson⁹, o qual descreve maneiras chave de raciocínio empregadas por especialistas em um contexto de Bioquímica (Tabela 4).

Tabela 4: Habilidades classificadas de acordo com o modelo CRM, de entendimento conceitual e de Representações Externas.

A. Alguns exemplos de raciocínio com conceitos (classificado como R-C)
Entender um conceito significa ter habilidade para:
1. Memorizar conhecimento do conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.
2. Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.
3. Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.
Entender uma Representação Externa significa ter habilidade para:
1. Decodificar o simbolismo da linguagem que compõe a representação externa.

Adaptada de Anderson & Schönborn 2013⁹

Cada questão do teste avaliou apenas uma habilidade presente na matriz de habilidades (Tabela 4), com o intuito de facilitar a posterior análise estatística dos dados. Além disso, todas as questões apresentaram quatro alternativas, das quais

apenas uma era correta. Por fim, para cada habilidade escolhida da matriz conteve sete questões.

Portanto, os testes contaram não apenas com um embasamento conceitual, mas também com embasamento cognitivo propiciado por estas habilidades que os estudantes devem desenvolver para um aprendizado efetivo.

Durante todo o processo de aplicação dos testes, mantivemos um controle de qualidade do banco de questões do *3D Class*, para que além de preparar os alunos para as discussões em sala de aula, pudéssemos responder nossas perguntas de pesquisa. Por isso, antes de sua implementação, as questões foram testadas em termos de validade (*validity*¹⁴), passando previamente por revisão por pares.

A banca de validação foi composta por dois especialistas em Bioquímica, os quais foram convidados a utilizar a Ficha de Revisão de Item presente na Tabela 5, adaptada do Guia de Elaboração e Revisão de Itens do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP)¹⁵.

Tabela 5: Ficha de Revisão de Item propostas aos especialistas. Adaptada de Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), 2010¹⁵.

Ficha de Revisão de Item		
Nome do Revisor:		
1ª Leitura: Aprovado ()	Devolvido para Reformulação ()	
1. Aspectos Formais e Composição do Enunciado		
1.3 Na presença de imagens, elas são pertinentes e de boa qualidade?	Sim ()	Não ()
1.4 O enunciado apresenta claramente o que deve ser solucionado?	Sim ()	Não ()
2. Composição das alternativas		
2.1 As alternativas relacionam-se com o enunciado sem configurar proposições independentes?	Sim ()	Não ()
2.2 A indicação do gabarito é realmente correta?	Sim ()	Não ()
2.4 Os distratores são plausíveis e não induzem ao erro?	Sim ()	Não ()
3. Adequação do Item		
3.1 O item atende a habilidade indicada?	Sim ()	Não ()
3.3 O item é isento de erros conceituais?	Sim ()	Não ()
3.4 O item atende ao tópico avaliado?	Sim ()	Não ()
Observações complementares sobre o item:		

Para que a questão fosse aplicada, ela teria que ser aprovada pelos dois revisores^{86,87}. Então, essas questões foram apresentadas aos alunos semanalmente na forma de testes de múltipla escolha no *3D Class*. O próprio aplicativo se

encarregou de embaralhar as questões e suas alternativas a cada acesso aos testes.

Com isso, os alunos tiveram uma semana para responder cada teste fora da sala de aula, sempre antes das aulas a que se referiam e também puderam respondê-los quantas vezes achassem necessário. Além disso, não fornecemos aos alunos feedback das respostas inseridas antes das aulas, para que eles buscassem por si próprios as respostas corretas e trouxessem seus questionamentos para o contexto da sala de aula.

Os testes foram utilizados durante o segundo semestre dos anos de 2015 e 2016. A cada semestre, de um total de doze testes aplicados na disciplina, três geraram dados para o presente trabalho. Estes testes tiveram como critério de escolha uma maior relação com as aulas de laboratório teórico-prática da disciplina.

Para testar a confiabilidade (*reliability*¹⁴) dos testes aplicados, ao final de 2015, todas as respostas dos alunos passaram por análises de Rasch^{16,17,88,89}. Estas análises tiveram a finalidade de levantar questões que estivessem muito fáceis para os alunos ou com problemas de desenvolvimento e encaminhá-las para substituição ou reformulação.

O banco de questões reformulado e utilizado na aplicação da Sala de Aula Invertida em 2016 está presente no Anexo 2.

Análise de Rasch

A análise de Rasch é um modelo matemático proposto por Georg Rasch em 1960 para construir medidas baseadas na relação de probabilidade entre a dificuldade de um item e a habilidade de um estudante, onde a diferença entre essas duas medidas devem ser responsáveis pela probabilidade de qualquer aluno acertar determinado item^{16,17,88,89}. Basicamente, o modelo prevê que uma questão adequada só deve ser acertada pelos estudantes que possuem a habilidade necessária para aquela questão⁸⁸.

Apesar do robusto aporte matemático por trás da Análise de Rasch, o modelo segue passos simples^{16,88}: determina a porcentagem de itens corretos para cada estudante e a porcentagem de pessoas que acertaram determinado item. Com estes dados, estima-se então a habilidade do estudante (B_n) e dificuldade do item (D_i). Com isso, estabelece-se a probabilidade (p_{ni}) de acerto de acordo com a

difficuldade de cada item e sua habilidade correspondente, de acordo com a Equação 1^{16,17,89}.

$$\log \left[\frac{p_{ni}}{(1 - p_{ni})} \right] = B_n - D_i$$

Equação 1

Feito isto, o modelo desenvolve uma série de comparações para checar quais itens se comportam e quais não se comportam de acordo com as expectativas do modelo Rasch^{16,17,88}. Isso significa que os resultados irão acusar aquelas questões que foram respondidas por estudantes que possuem a habilidade necessária para tal (questões adequadas), e também irão acusar as questões que foram respondidas por estudantes que não possuíam a habilidade necessária para tal (questões inadequadas). Consequentemente, este procedimento é capaz de identificar os estudantes que responderam questões que estavam dentro do seu nível de habilidade e estudantes que responderam questões que estavam fora do nível de habilidade determinado.

Feita a separação dos itens adequados e inadequados, graficamente, eles podem ser representados pela Curva Característica do Item (Figura 8).

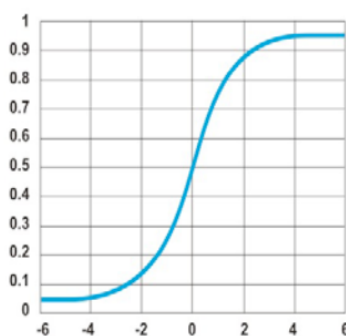


Figura 8: Curva Característica do Item. O eixo y representa a probabilidade dos alunos analisados respondê-lo corretamente. O eixo x representa o grau de dificuldade do item para aquela amostra de alunos. Tomado de González-Montesinos (2008).

O eixo y do gráfico mostrado na Figura 8 indica a probabilidade dos alunos responderem aquele item corretamente (de 0 a 1) e o eixo x indica o grau de

difículdade do item (de -6 a +6). Desta maneira, um item adequado é aquele que a probabilidade de acerto aumenta conforme aumenta a habilidade do estudante.

Outra representação muito difundida do modelo de Rasch é o Mapa de Wright. Esta representação transforma os dados de dificuldades dos itens e das habilidades dos estudantes para um intervalo igual. O mapa tem como unidade de medida a escala *logit*, tanto para as habilidades das pessoas (lado esquerdo do mapa) quanto para a dificuldade dos itens (lado direito do mapa). Cada “#” representa um aluno e cada número representa uma questão, dentre 28 questões hipotéticas (Figura 9).

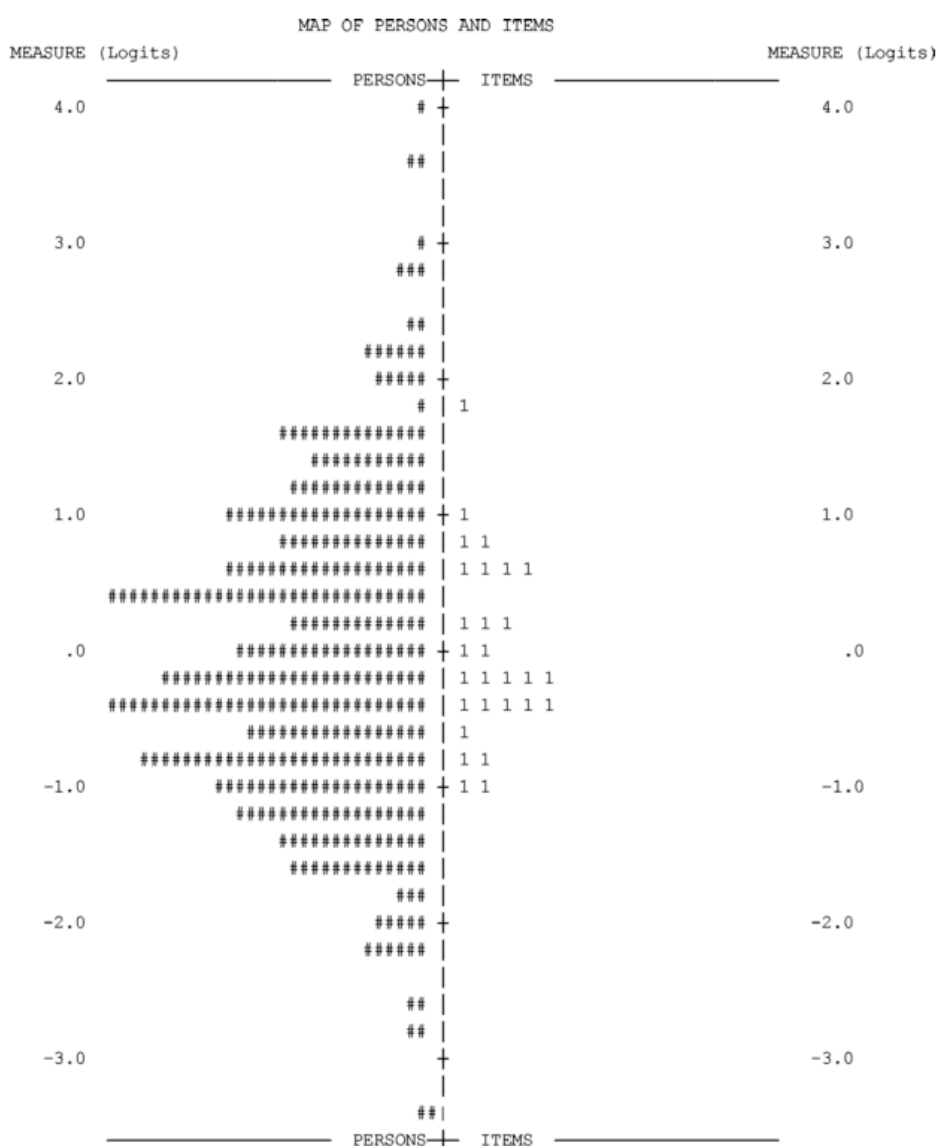


Figura 9: Mapa de Wright gerado pela maioria dos softwares que desempenham a Análise de Rasch. Cada “#” representa uma pessoa, enquanto cada número representa um item de um questionário hipotético.

A escala *logit* representa intervalos, portanto, qualquer distância entre dois pontos acima ou abaixo no mapa é equidistante. A média do nível de dificuldade das questões é representada por 0 e qualquer pessoa localizada a um mesmo nível de um item na escala logit tem 50% de chance de acertá-lo^{16,17,90}. Da mesma forma, alunos plotados acima de um item tem uma chance maior que 50% de acertá-lo e alunos plotados abaixo de um item tem uma chance menor que 50% de acertá-lo.

O Mapa de Wright é a melhor representação quando se deseja selecionar itens que destoam em dificuldade ou em facilidade para aquela amostra, entretanto, é uma imagem visualmente difícil de se manipular, dado seu tamanho. Portanto, neste trabalho utilizamos os mapas de Wright para selecionar com precisão quais itens seriam encaminhados para reformulação, mas para fins de visualização dos resultados utilizamos as curvas características dos itens, conforme será discutido posteriormente na seção Resultados e Discussão.

A amplitude do modelo Rasch nos possibilitou também identificar a confiabilidade dos questionários aplicados de maneira ampla pelos índices “*Item Reliability*” e “*Person Reliability*”⁹⁰. Estes índices dizem respeito à consistência do teste e são representados em uma escala de 0 a 1, onde 0 representa um teste não consistente e 1, um teste muito consistente.

O *Person Reliability* indica se estes alunos seriam alocados individualmente no mesmo nível de habilidade obtido se o teste fosse aplicado em uma outra turma de alunos com as mesmas características^{17,88}. O princípio utilizado no cálculo é o mesmo do teste Alfa de Cronbach¹⁰, ou seja, é a fração da variância reproduzível das respostas observadas. O denominador (SA_p^2) representa o quanto as pessoas diferiram na medida de interesse e o numerador (SD_p^2) representa a quantidade de variância que pode ser reproduzida pelo modelo de Rasch¹⁶.

$$R_p = \frac{SA_p^2}{SD_p^2}$$

Equação 2

O *Item Reliability* indica se poderíamos obter os mesmos resultados se nossos testes fossem aplicados em outra turma de alunos com as mesmas características^{14,16,88}. O princípio de cálculo segue o mesmo definido para o *Person*

Reliability, substituindo-se as informações sobre os estudantes pelas informações dos itens.

Uma analogia muito interessante a respeito das métricas propiciadas pela análise de Rasch é comparar o questionário com uma régua e as questões que compõem este questionário com a sua graduação (Figura 10). Quando o questionário apresenta questões adequadas ao modelo e ao mesmo tempo consistentes, a graduação da régua se comporta igualmente distribuída ao longo da mesma, proporcionando diferentes medidas mas ao mesmo tempo medidas confiáveis. Havendo portanto, neste questionário diferentes questões que avaliam diferentes habilidades.

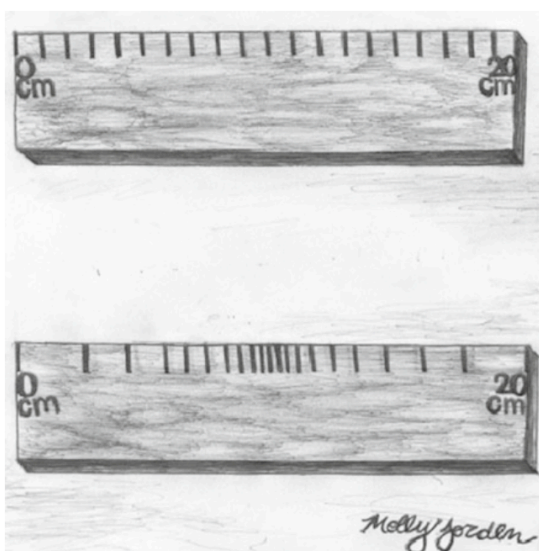


Figura 10: Ilustração de duas réguas utilizada para representar um questionário que segue o modelo Rasch e um questionário que não segue o modelo. Tomada de Boone et. Al (2014).

Quando um questionário apresenta questões que não seguem o modelo e que apresentam um baixo índice de consistência, ele se comportaria como uma régua que apresenta graduação em blocos. Esta régua não é capaz de fornecer medidas confiáveis e ao mesmo tempo não fornece todas as medidas necessárias, pois muitos de seus pontos medem quantias muito semelhantes. Portanto, este questionário não é capaz de fornecer diferentes medidas com altos níveis de confiança.

Em nosso contexto, para realizar a análise de Rasch, os dados provenientes do banco de dados do *3D Class* foram refinados. Desta forma, aqueles

estudantes que durante uma tentativa não atingiram um tempo mínimo de leitura das questões, definidos *a priori* como 30 segundos por enunciado, foram excluídos com intuito de filtrar alunos que chutaram as respostas ou que entraram somente para inserir gabaritos obtidos com outro colega de classe. Feito isso, foi considerada também apenas a primeira tentativa de cada aluno, para que pudéssemos captar da melhor forma possível o primeiro contato dos alunos com o teste.

A Análise de Rasch é software dependente. Neste trabalho utilizamos o WinSteps^{91,92} e o RStudio[®] para realizar as análises e obter diferentes formas de representação dos resultados. No RStudio[®], utilizamos o pacote *Mirt*, conforme código disponível no Anexo 3.

Metodologias Estatísticas

Para que pudéssemos identificar as diferentes estratégias dos alunos quando submetidos aos testes inseridos na Sala de Aula Invertida e consequentemente uma posterior discussão efetiva da correlação dos testes no desempenho dos estudantes, foram realizadas análises estatísticas descritivas e inferenciais que partiram do próprio banco de dados propiciado pelo aplicativo *3D Class*. Na Figura 11, temos o panorama da estrutura metodológica que resultou na discussão dos dados que compõem este trabalho.

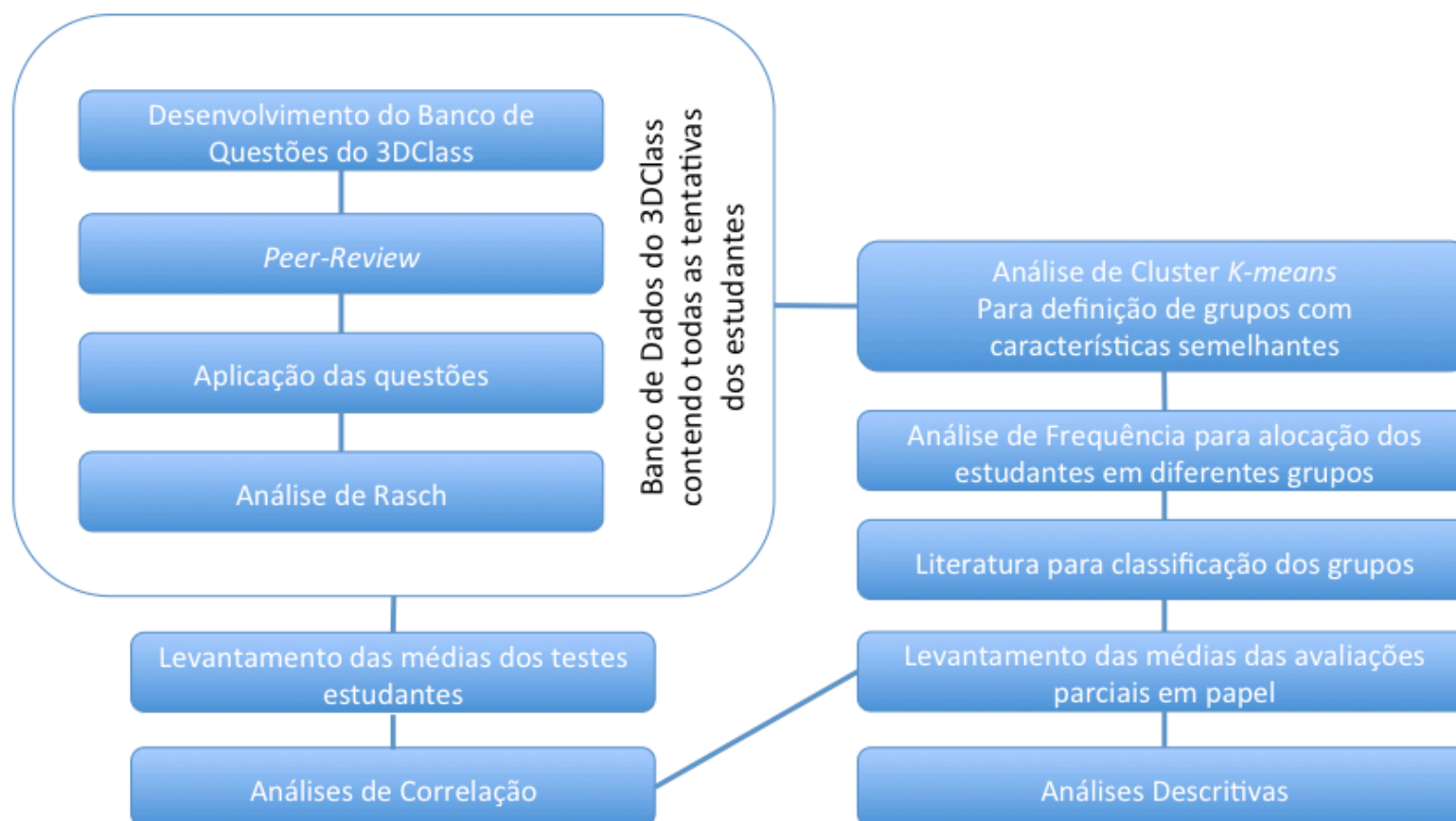


Figura 11: Panorama da estrutura metodológica do presente trabalho.

Análise de Grupos K-means

Para a identificação das estratégias de aprendizado dos estudantes, realizamos uma análise multivariada de cluster denominada *K-means*⁹³ utilizando os softwares RStudio® e PAST (*Paleontological Statistics*). Esta análise compara os perfis de dados de um único estudante com os demais, com o objetivo de estabelecer perfis de indivíduos a partir de dados brutos^{52,70,94}. Nesta análise, utilizamos todas as tentativas dos testes dos alunos e as seguintes variáveis: nota, duração e número de tentativas.

Os pacotes do RStudio® utilizados nesta etapa estão apresentados na Tabela 6 e seus respectivos códigos se encontram no Anexo 3.

Tabela 6: Pacotes do RStudio® utilizados na Análise de grupos *K-means*.

Análise Estatística Realizada	Pacote do RStudio® utilizado
<i>Elbow method</i>	<i>Mclust</i>
<i>K-means</i>	<i>Stats</i>

Existem diversos algoritmos que realizam a análise de cluster *K-means*^{93,95}. O pacote utilizado no RStudio® e pelo software PAST utilizam o algoritmo de Hartigan & Wong (1979). De acordo com os próprios autores, o objetivo dessa análise é dividir M pontos de N dimensões em K clusters.

Cada ponto central (centroide) de um grupo de pontos, define um cluster K . Baseando-se nas similaridades entre as variáveis fornecidas, cada ponto de M é designado ao seu centroide mais próximo, de maneira que a soma da distância dos quadrados Euclidianos dos pontos daquele centroide seja minimizada⁹⁴. Feito isso, o algoritmo recalcula novamente a localização do centroide pela média ou centro de todos os pontos daquele cluster. Este último passo é repetido até que os centroides parem de mudar de posição ou os pontos parem de mudar de cluster.

Desta forma, todos os centros dos clusters estão na média de seus diagramas de Voronoi, ou seja, o conjunto de pontos que estão mais próximos do centro do cluster⁹⁶. Apesar disso, a forma do cluster não precisa ser necessariamente esférica, uma vez que ela pode muitas vezes ser definida pelo software utilizado, na tentativa de minimizar a variância do cluster^{96,97}.

Graficamente, para representar a correlação entre múltiplas variáveis na análise de cluster, pode-se utilizar um gráfico multivariado de dispersão de matriz, como o mostrado na Figura 12.

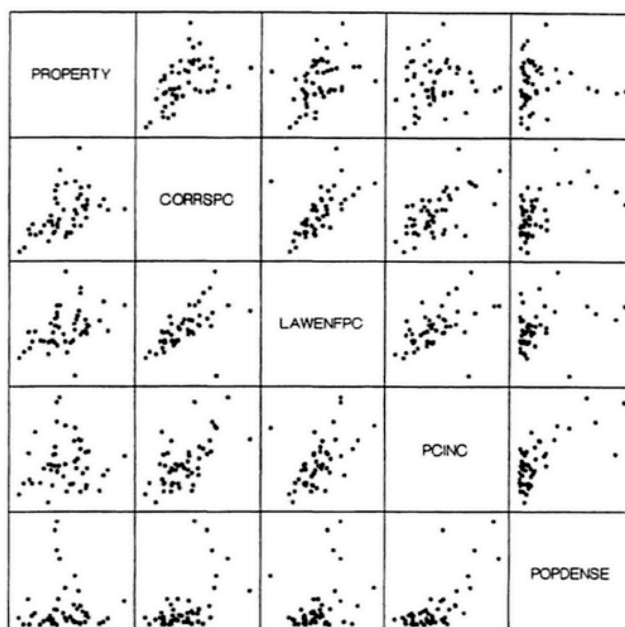


Figura 12: Gráfico de dispersão multivariado de matriz. Tomado de Jacoby (1998).

A diagonal central representa o nome das variáveis utilizadas na análise, enquanto cada célula fora da diagonal representa um gráfico de dispersão das variáveis plotadas duas a duas. Por exemplo, a segunda célula na primeira linha do gráfico representa a plotagem da variável CORRSPC (eixo x) contra a variável PROPERTY (eixo y). Já a terceira célula na mesma linha mencionada, representa a plotagem da variável LAWENFPC (eixo x) contra a variável PROPERTY (eixo y), e assim por diante⁹⁸. Dado o fato do gráfico de dispersão multivariado ser simétrico sobre a sua diagonal, as informações parecem duplicadas, acima e abaixo da diagonal principal, mas na verdade os eixos x e y estão transpostos para facilitar a visualização dos padrões encontrados⁹⁸.

Um ponto muito importante a respeito da análise de cluster *K-means*, é que ela se baseia em um número K de clusters definidos *a priori*. Neste trabalho, o número de grupos foi definido pelo *Elbow Method*^{99,100}, o qual se baseia na média da distância intra-cluster (W_k) em função do número de clusters (k), de acordo com a

Equação 3. Onde n_r é o número de pontos em um cluster r e D_r é a soma das distâncias entre todos os pontos em um cluster.

$$W_k = \sum_{r=1}^k \frac{1}{n_r} D_r$$

Equação 3

Graficamente falando, onde observa-se um ângulo na linha da média das soma dos quadrados internos pelo número de grupos, encontramos o número ideal de clusters para aquela amostra⁹⁹ (Figura 13).

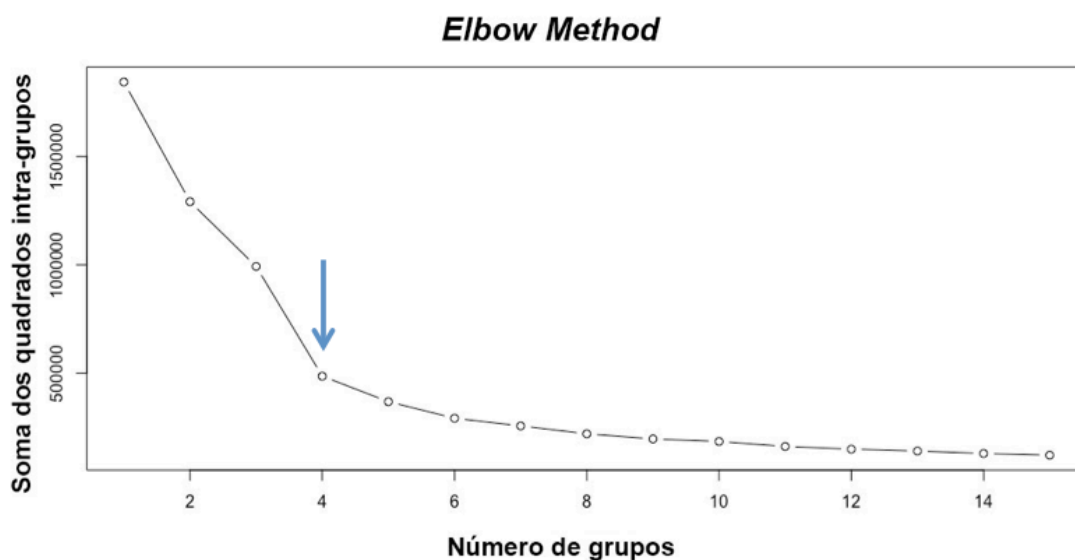


Figura 13: Representação gráfica do *Elbow Method*. A seta indica o número de clusters ideal para a amostra exemplificada.

Análise de Frequência

O número de ocorrências utilizado em nossa análise de cluster diz respeito ao número de tentativas totais de todos os alunos participantes desta pesquisa, que realizaram os testes via *3D Class* em 2015 e 2016. Para identificar em qual grupo os alunos tiveram suas tentativas mais alocadas, realizamos uma análise de frequência no software RStudio[®]. Os códigos para a referida análise estão disponibilizados no Anexo 3. A Tabela 7 mostra um exemplo dos resultados de frequência gerados.

Tabela 7: Resultados hipotéticos da análise de frequência desempenhada pelo software RStudio®. A intensidade da coloração da célula indica o quanto as tentativas foram alocadas em determinado cluster.

ID do Aluno	Cluster				
	#1	#2	#3	#4	#5
#2	2	0	1	0	2
#3	7	1	0	0	33
#4	0	0	0	0	3
#57	0	4	6	0	1
#62	0	2	2	0	2
#67	1	0	0	0	3
#110	3	0	4	0	0
#198	5	0	1	0	5
#203	0	1	0	0	1
#207	0	1	3	0	1
#208	0	0	0	0	4
#209	0	1	4	0	0
#210	0	1	2	0	0
#211	0	0	5	0	0
#214	0	0	1	0	3

As colunas mostram os clusters gerados pela análise *K-means* e as linhas representam os estudantes. Os números das colunas representam o número de tentativas de cada aluno alocadas em cada cluster. Desta maneira, aqueles alunos que ao longo do semestre apresentaram um maior número de tentativas alocadas em determinado cluster, foram inseridos nesse grupo e aqueles alunos que tiveram maior preferência por mais de um cluster durante o semestre foram separados diretamente em um grupo que chamamos posteriormente de Multi-estratégico.

A identificação das diferentes estratégias de aprendizado

Feita a alocação dos estudantes nos clusters, utilizamos o gráfico multivariado de dispersão de matriz e a Tabela 8, para realizar um levantamento das características dos clusters que pudessem nos levar a condutas semelhantes às estratégias de aprendizado descritas por Biggs⁵⁸.

Tabela 8: Tabela utilizada para caracterizar os clusters provenientes da análise *K-means*.

Características									
	Nº de Tentativas			Duração			Nota		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Cluster									
#1									
#2									
#3									
#4									
#5									

Desta maneira, utilizando a literatura e os resultados das características dos clusters, eles foram caracterizados de acordo com as estratégias de aprendizado que os representaram. Lembrando que o grupo Multi-estratégico não é descrito na literatura e emergiu da análise de frequência realizada no passo anterior.

Análises Estatísticas Descritivas

Para efeito de comparação das médias das diferentes estratégias de aprendizado identificadas, em diferentes instrumentos de avaliação utilizados na disciplina *Bioquímica de Proteínas*, utilizamos um aporte de análises estatísticas descritivas que serão discutidas nesta seção. Todas essas análises foram realizadas no software RStudio®, conforme pacotes mostrados na Tabela 9 e códigos disponíveis no Anexo 3.

Tabela 9: Pacotes utilizados nas análises estatísticas descritivas do presente trabalho.

Análise Estatística Realizada	Pacote do RStudio® utilizado
Shapiro-Wilk	<i>Stats</i>
Kruskal-Wallis	<i>Stats</i>
Kruskal-Wallis post-hoc	<i>Pgirmess</i>

Primeiramente, checamos a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk¹⁰¹, teste selecionado de acordo com o tamanho de nossas amostras. O teste para normalidade indica se os dados apresentam-se dispostos em uma curva de distribuição Gaussiana¹⁰², ou distribuição normal.

Nesse teste a hipótese nula (H_0) é de que a amostra vem de uma distribuição normal. Portanto, se o valor de p for menor que o valor de alfa, definido a priori como 0,05, consideramos que os dados não apresentam distribuição normal e rejeitamos H_0 . Então, procedemos com testes estatísticos não-paramétricos para comparar as médias das amostras e procurar por diferenças entre elas. Caso o valor de p fosse maior do que alfa, procedemos com o teste paramétrico MANOVA.

O teste não-paramétrico escolhido para nossas amostras foi o teste de Kruskal-Wallis^{102,103}, o qual testa se as amostras se originaram da mesma distribuição. Este teste foi escolhido por ser o mais adequado para comparação de mais de duas variáveis e também pelo fato das médias comparadas se tratarem de amostras independentes umas das outras¹⁰².

No teste de Kruskal-Wallis, se p menor ou igual ao valor de alfa (0,05), há evidências de que pelo menos uma das médias das estratégias diferem entre si. Entretanto, como há quatro estratégias de aprendizado sendo comparadas, não é possível identificar a princípio quantas ou quais amostras diferiram entre si, por isso neste caso procedemos também com uma análise pós-Kruskal-Wallis chamada teste de Dunn¹⁰⁴, que dentre outros métodos, foi escolhido dada a diferença no tamanho das amostras comparadas, uma vez que cada estratégia tem um número diferente de alunos.

O teste de Dunn compara as amostras duas a duas procurando por diferenças estatísticas entre elas¹⁰⁴. Em cada comparação realizada, se o valor de p é menor ou igual ao valor de alfa, então aquelas amostras diferem entre si. Caso contrário, as amostras não diferem estatisticamente.

Análises de Correlação

Afim de entender a relação entre o desempenho dos estudantes no teste e nas provas da disciplina, realizamos análises de correlação entre a média do teste e a nota da avaliação para cada estratégia identificada e para cada tópico de interesse deste estudo.

Neste sentido, primeiramente novamente checamos a normalidade dos dados utilizando o teste de Shapiro-Wilk¹⁰⁵ e caso o valor de p fosse maior que o valor de alfa (0,05) procedemos com o teste de correlação de Pearson^{101,102}. Caso p fosse menor que o valor de alfa procedemos com o teste de correlação de Spearman^{101,102}. Ambas análises estatísticas são destinadas a fazer regressão de apenas duas variáveis, em nosso caso: média do teste e média das avaliações.

O teste de correlação de Pearson tem como objetivo medir a linearidade de correlações entre duas variáveis provenientes de dados com distribuição normal. É medida através do Coeficiente de Correlação de Pearson (r) que tem valores que vão de -1 a +1, onde 1 representa a correlação linear positiva máxima, -1 correlação linear negativa máxima e 0 representa ausência de correlação¹⁰¹ (Figura 14). O cálculo é realizado baseando-se na covariância das duas variáveis consideradas dividida pelo produto dos seus desvios padrão.

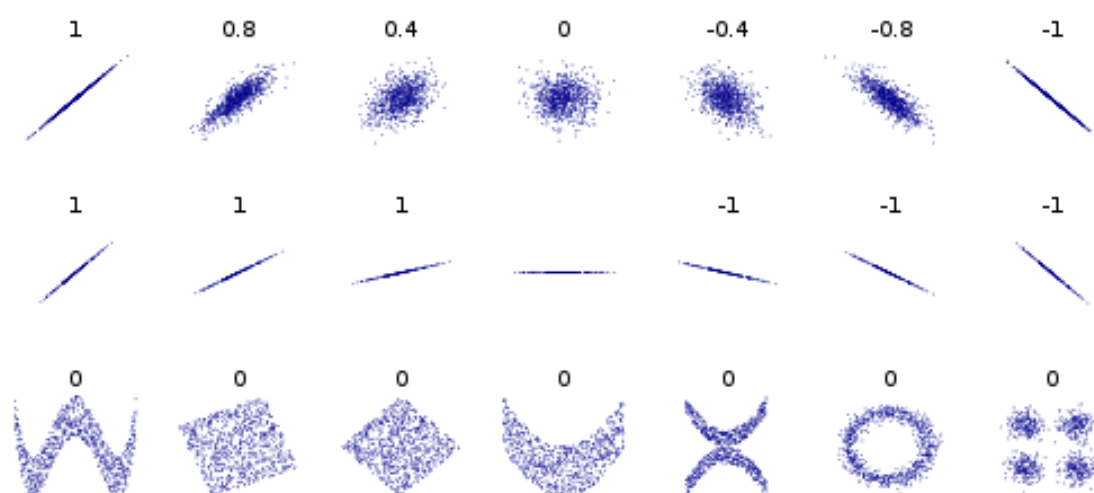


Figura 14: Imagem contendo diferentes grupos de dados e seus coeficientes de correlação de Pearson (r). Imagem de domínio público criada por Denis Boigelot.

O valor de p atrelado a este teste indica se a correlação encontrada é significativa. Um valor de p menor ou igual ao valor de alfa (0,05) indica que as correlações são significantes e um valor de p maior que o valor de alfa indica que as correlações não são significantes.

Já o teste de correlação de Spearman tem como objetivo medir a dimensão de uma relação monotônica em dados pareados. Uma função monotônica

é aquela que nunca ascende e desce no mesmo conjunto de dados, quando o valor de x aumenta. Por exemplo, observe na Figura 15 que a função nem sempre cresce, mas nunca decresce à medida que x aumenta.

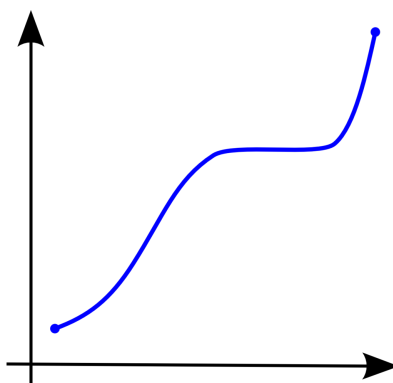


Figura 15: Exemplo de função monotônica crescente. Imagem de domínio público criada por Oleg Alexandrov.

Entretanto, este teste é utilizado também para comparação entre duas variáveis de dados que não apresentam distribuição normal. Seu grau de correlação é medido pelo coeficiente de Correlação de Spearman (r^2) e sua significância pelo valor de p , interpretados de maneira semelhante ao teste de correlação de Pearson.

As análises de correlação foram realizadas no software RStudio®, os pacotes utilizados em cada análise estão dispostos na Tabela 10 e seus respectivos códigos no Anexo 3.

Tabela 10: Pacotes de algoritmos do RStudio® utilizados neste trabalho.

Análise Estatística Realizada	Pacote do RStudio® utilizado
Pearson	<i>Stats</i>
Spearman	<i>Stats</i>

Levantamento das Habilidades Avaliadas nas Provas

Com o objetivo de entender melhor os resultados obtidos nas análises de correlação e sabendo da relação das habilidades descritas no modelo de Anderson (2013) com o desempenho das diferentes estratégias de aprendizado descritas por Biggs (1988), realizamos um levantamento das habilidades mais abordadas nas provas aplicadas em papel na disciplina *Bioquímica de Proteínas* nos anos de 2015 e 2016.

Este levantamento foi realizado pela análise de conteúdo, segundo a linha de Bardin (2004)⁸³. Portanto, foram criadas categorias *a priori* que representavam as habilidades de interesse e então as questões das avaliações foram lidas e categorizadas uma a uma em suas respectivas habilidades, utilizando o software NVivo®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quais são as implicações dos testes implementados na Sala de Aula Invertida na identificação de dificuldades prévias dos estudantes?

Durante os anos de 2015 e 2016 os testes online foram aplicados via *3D Class* no contexto da Sala de Aula Invertida da disciplina *Bioquímica de Proteínas*. Ao final da aplicação no ano de 2015, com base nos resultados obtidos, os testes passaram por reformulação através da Análise de Rasch¹⁶, já discutida anteriormente neste trabalho.

Os altos índices de *Item Reliability* e *Person Reliability* (Tabela 11) nos forneceram evidências de que os testes utilizados no contexto da Sala de Aula Invertida foram capazes de oferecer dados do desempenho dos alunos de maneira consistente.

Tabela 11: Dados de consistência das questões aplicadas via *3D Class* no ano de 2015.

Teste	<i>Item Reliability</i>	<i>Person Reliability</i>
Sistemas tampão	0,89	0,67
Proteínas	0,82	0,81
Enzimas	0,84	0,70

Apesar disso, a análise de Rasch apontou algumas questões que poderiam ser encaminhadas para reformulação. Estas questões foram identificadas utilizando-se uma representação chamada Mapa de Wright, também já discutida anteriormente, entretanto optamos por mostrar as Curvas Características dos Itens para facilitar a manipulação das imagens e a visualização daquelas questões que destoaram do Modelo Rasch.

Neste sentido, as Figuras 16, 17 e 18, mostram os dados que resultaram na reformulação do banco de questões ao final do ano de 2015. As questões destacadas em vermelho, indicam aquelas que foram encaminhadas para reformulação.

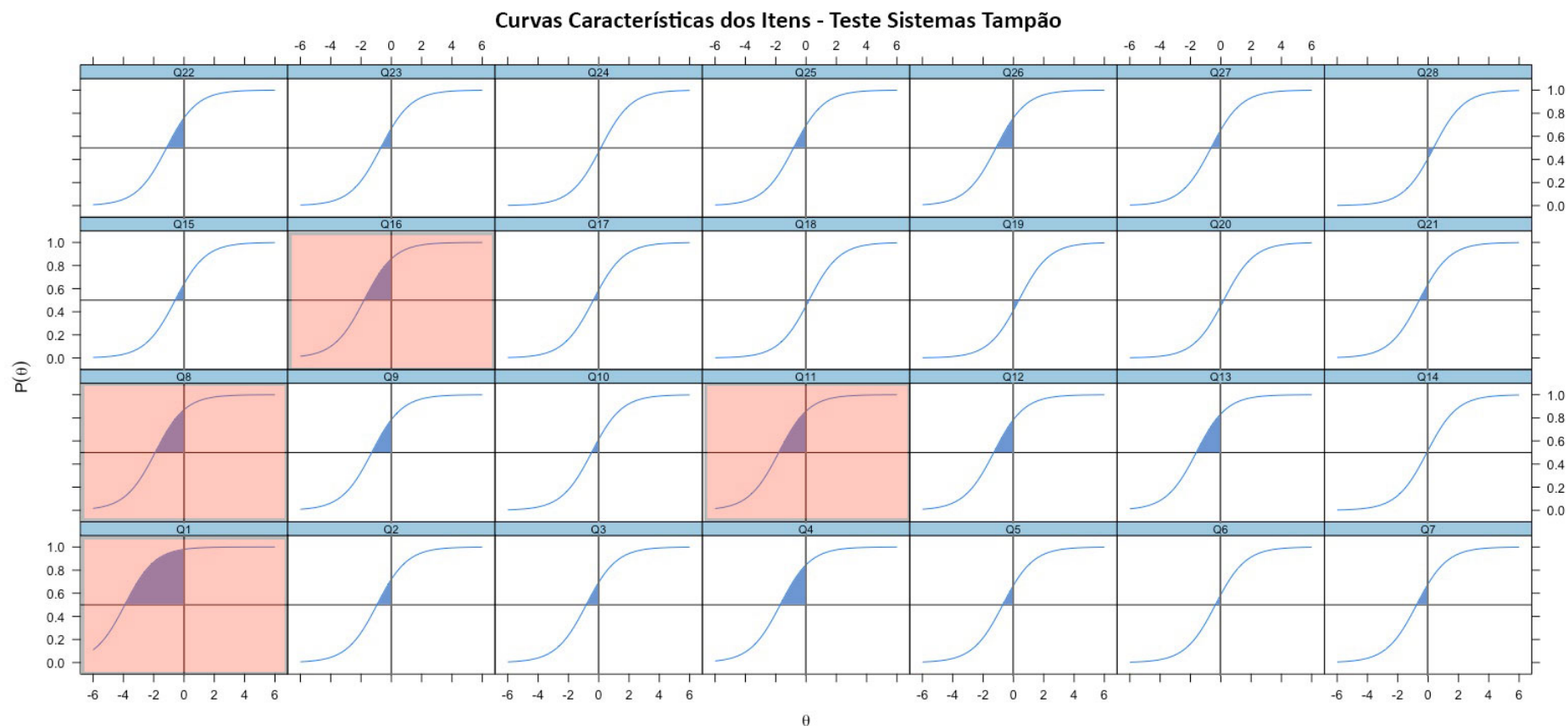


Figura 16: Curvas características dos itens que compuseram o teste Sistemas Tampão em 2015. As questões destacadas são aquelas que foram encaminhadas para reformulação.

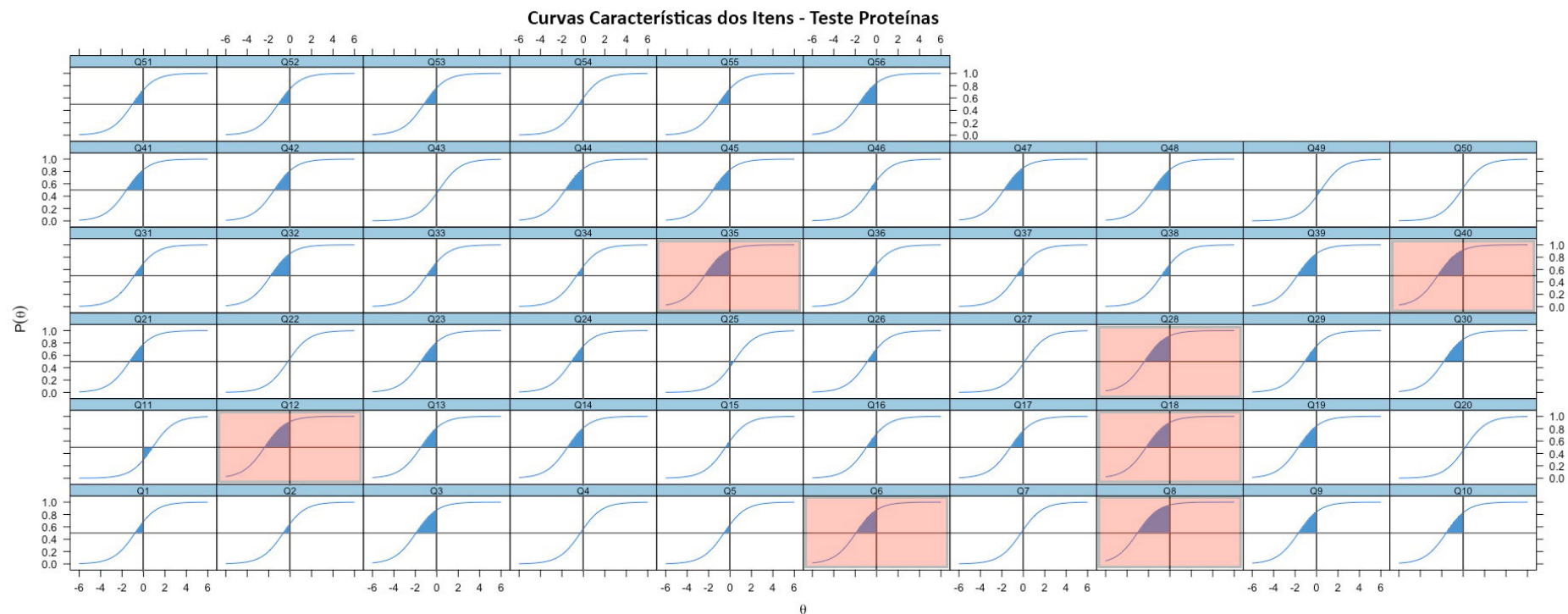


Figura 17: Curvas características dos itens que compuseram o teste Proteínas em 2015. As questões destacadas são aquelas que foram encaminhadas para reformulação.

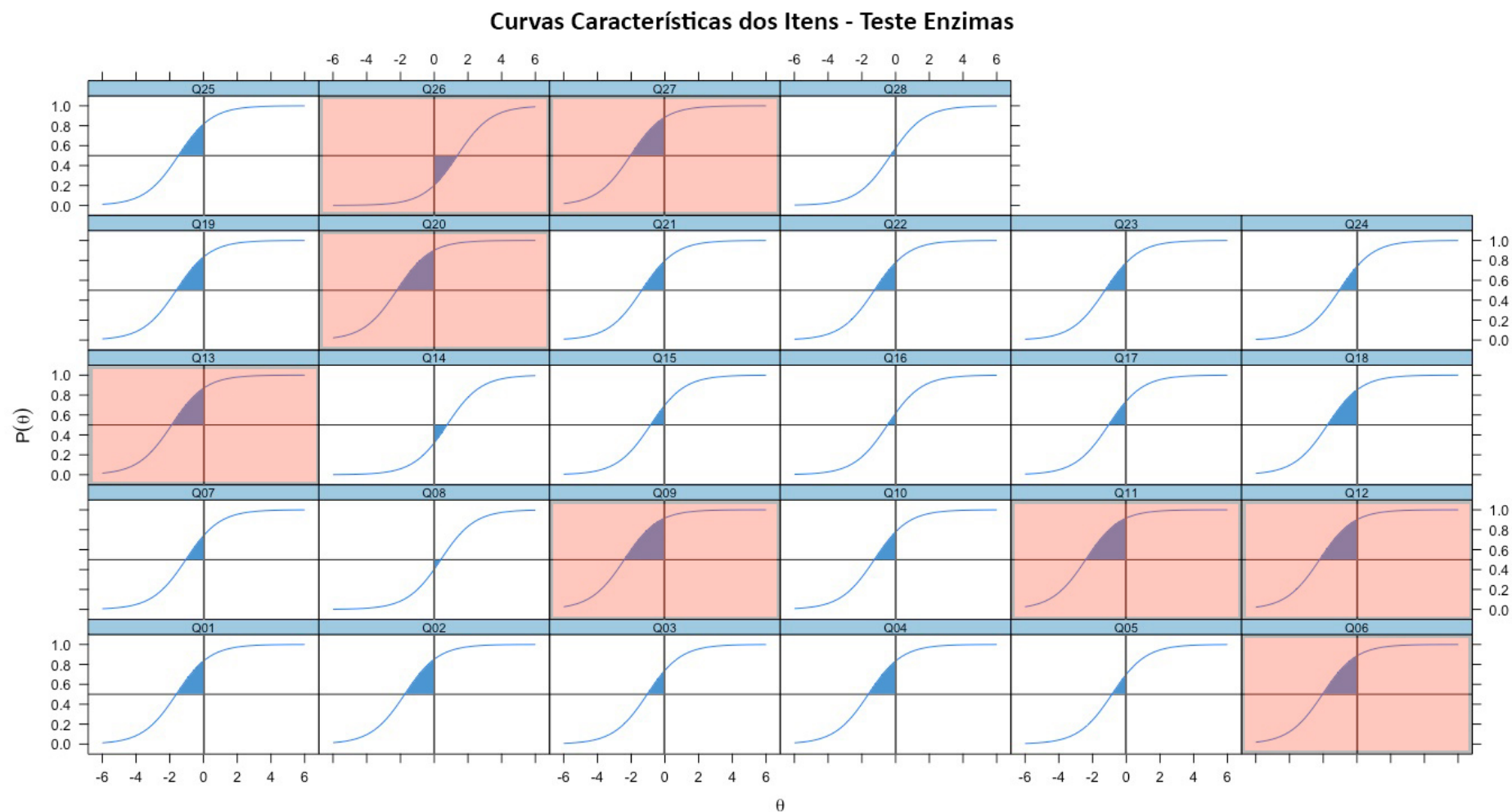


Figura 18: Curvas características dos itens que compuseram o teste Enzimas em 2015. As questões destacadas são aquelas que foram encaminhadas para reformulação.

Cada retângulo presente nas Figuras 16, 17 e 18 representa uma questão aplicada via *3D Class*. A dimensão dos triângulos azuis indicam o quão fáceis ou quão difíceis foram as questões para os alunos. Assim, triângulos posicionados no segundo quadrante indicam questões fáceis e triângulos posicionados no quarto quadrante indicam questões difíceis para o grupo de alunos analisados. As questões em que a curva característica do item passou exatamente na intersecção entre o eixo x e eixo y (0,0), são aquelas em que os alunos tiveram 50% de chance de acertá-la ou errá-la.

Uma vez que o objetivo desta análise foi obter um indicador para reformulação das questões, apenas aquelas que destoaram em dificuldade ou em facilidade foram reformuladas. Permanecendo inalteradas para a aplicação em 2016 aquelas em que a curva do item passou mais próxima à origem do gráfico.

A Tabela 12 mostra uma visão global das principais características dos testes selecionados para compor esta pesquisa. Em média os alunos levaram quarenta e sete minutos para concluir uma tentativa. Levando em consideração que os testes eram liberados um a um semanalmente, eles não tomaram em média mais que uma hora de estudo por semana daqueles alunos que desejaram realizar os testes apenas uma vez. Portanto, neste aspecto, durante os dois anos em que foram aplicados mantivemos o mesmo número de questões nos testes.

Tabela 12: Principais características dos testes de interesse aplicados na disciplina Bioquímica de Proteínas.

Ano	Turma	Teste	Nº de Questões	Tempo médio de conclusão (min.)
2015	Bacharelado	Sistemas Tampão	28	24,0
2015	Bacharelado	Proteínas	56	60,2
2015	Bacharelado	Enzimas	28	25,3
2015	Licenciatura	Sistemas Tampão	28	55,4
2015	Licenciatura	Proteínas	56	66,1
2015	Licenciatura	Enzimas	28	29,7
2016	Bacharelado	Sistemas Tampão	28	28,9
2016	Bacharelado	Proteínas	56	95,5
2016	Bacharelado	Enzimas	28	26,5
2016	Licenciatura	Sistemas Tampão	28	47,0
2016	Licenciatura	Proteínas	56	72,2
2016	Licenciatura	Enzimas	28	32,0

Os dados obtidos pelo *3D Class* foram capazes de nos fornecerem evidências para levantar as implicações dos testes implementados na Sala de Aula Invertida, na identificação prévia das dificuldades dos estudantes. Um levantamento das questões que os alunos tiveram mais dificuldades no primeiro contato com o conteúdo, no geral, mostrou que as dificuldades abrangeram três das quatro habilidades contempladas nos testes. A única habilidade que não apareceu foi a de “Decodificar o simbolismo que compõe uma Representação Externa”. O que não significa que os estudantes não tiveram dificuldades com esta habilidade no primeiro contato com o conteúdo, pelo contrário, se expandirmos o levantamento para níveis um pouco superiores de acertos, essas questões começam a aparecer. Além disso, estudos mostram que dada a natureza molecular da Bioquímica e a infinidade de simbologias utilizadas nas suas representações, os alunos encontram muitas dificuldades ao interpretar um Representação Externa neste contexto^{9,106,107}.

No teste Sistemas Tampão, nos anos de 2015 e 2016 a questão que os alunos tiveram mais dificuldade contemplava a habilidade de “Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes” (Tabelas 13 e 14). A questão não somente envolveu um aporte conceitual sobre o funcionamento dos Sistemas Tampão, mas também envolvia cálculos que os alunos não estavam acostumados a realizar até aquele momento no curso.

Tabela 13: Questão do teste Sistemas Tampão que os alunos do ano de 2015 tiveram mais dificuldade em responder.

Questão	Habilidade Contemplada	Alternativas
Dada uma solução tampão contendo 500 mL de NaH_2PO_4 0,200M e Na_2HPO_4 0,100 M. Qual será o valor do pH teórico resultante da adição de 0,8 mL de HCl 1M em 20 mL de tampão? Dados: $\text{pK}_{\text{a}1} = 2,12$ $\text{pK}_{\text{a}2} = 7,21$ $\text{pK}_{\text{a}3} = 12,68$.	Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.	pH = 6,61 (39,8%)
		pH = 7,81 (19,3%)
		pH = 6,91 (25%)
		pH = 7,51 (15,9%)

Tabela 14: Questão do teste Sistemas Tampão que os alunos do ano de 2016 tiveram mais dificuldade em responder.

Questão	Habilidade Contemplada	Alternativas
Dada uma solução tampão contendo 500 mL de NaHCO_3 0,250M e Na_2CO_3 0,250 M. Qual será o valor do pH teórico resultante da adição de 8 mL de HCl 1M em 50 mL de tampão? Dados: $\text{pK}_a1= 6,37$; $\text{pK}_a2= 10,25$	Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.	pH = 9,59 (22,2%)
		pH = 6,79 (42,6%)
		pH = 10,91 (11,1%)
		pH = 5,71 (24,1%)

Desta maneira, observamos que nos dois anos em que os testes foram aplicados na disciplina *Bioquímica de Proteínas*, para o tópico Sistemas Tampão, os alunos apresentaram dificuldades no mesmo perfil de questões, as quais contemplavam a mesma habilidade e mesmo nível de dificuldade, uma vez que sua resolução dependia dos mesmos princípios envolvendo os cálculos e Sistemas Tampão.

Sabendo da importância da transferência de conceitos de outras áreas para o contexto dos experimentos de Bioquímica⁸, neste sentido, o professor teve a oportunidade de utilizar estes dados de desempenho dos estudantes para conduzir os experimentos de laboratório que envolviam os cálculos com os quais os alunos tiveram mais dificuldade.

No teste Proteínas, em 2015, a questão que os alunos tiveram mais dificuldade envolveu o conceito de ionização da cadeia lateral dos aminoácidos (Tabela 15). Além disso, contemplou a habilidade de “Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos”. Neste sentido, os alunos precisaram unir os conceitos relacionados às características de uma solução altamente básica com aqueles que determinam as características das cadeias laterais dos aminoácidos, neste caso a da Glicina, especificamente.

Tabela 15: Questão do teste Proteínas que os alunos do ano de 2015 tiveram mais dificuldade em responder.

Questão	Habilidade Contemplada	Alternativas
Em uma solução altamente básica, pH = 13, a forma dominante da Glicina é:	Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.	$\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--COO}^-$ (51%)
		$\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--COOH}$ (9,8%)
		$\text{NH}_2\text{--CH}_3^+\text{--COO}^-$ (13,7%)
		$\text{NH}_2^+\text{--CH}_2\text{--COOH}$ (25,5%)

A alternativa que os alunos mais selecionaram indicava que a Glicina estava totalmente desprotonada em uma solução de pH = 13, correspondendo à alternativa correta.

Estes conceitos são importantes nas experimentações desenvolvidas no laboratório da disciplina *Bioquímica de Proteínas*, uma vez que eles titulam amostras contendo aminoácidos durante os experimentos e precisam levantar evidências de como identificar esses aminoácidos através das características observadas na titulação.

No teste Proteínas, em 2016, a questão que os alunos tiveram mais dificuldade envolvia o conceito de carbono alfa dos aminoácidos (Tabela 16). Esta foi a única ocasião em que uma questão envolvendo a habilidade de memorização de conceitos despontou entre aquelas que os alunos tiveram mais dificuldade em responder. Para acertá-la, os alunos precisaram saber as características que definem um carbono alfa e também ter informações sobre a simetria de dois aminoácidos: Glicina e Alanina.

Tabela 16: Questão do teste Proteínas que os alunos do ano de 2016 tiveram mais dificuldade em responder.

Questão	Habilidade Contemplada	Alternativas
Qual das alternativas abaixo não corresponde a uma característica do carbono alfa dos aminoácidos?	Memorizar conhecimento do conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.	É assimétrico (com exceção da Glicina) (18,3%)
		Não é assimétrico (com exceção da Alanina) (72%)
		É ligado à quatro grupos químicos diferentes.(6,5%)
		Confere isômeros D e L aos aminoácidos que o possuem (3,2%)

A alternativa mais selecionada pelos alunos dizia que o carbono alfa não é assimétrico, com exceção da Alanina. Realmente, a principal característica do carbono alfa é justamente ser assimétrico, pois está ligado a quatro grupamentos químicos diferentes.

No teste Enzimas, em 2015, a questão que os alunos tiveram mais dificuldade em responder envolvia a habilidade de “Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes”. Conceitualmente, a questão envolveu a utilização do controle positivo no Método de Bradford (Tabela 17).

Tabela 17: Questão do teste Enzimas que os alunos do ano de 2015 tiveram mais dificuldade em responder.

Questão	Habilidade Contemplada	Alternativas
Um ensaio enzimático colorimétrico não detectou nenhuma atividade enzimática. Como o cientista pode checar se o erro foi durante o experimento ou durante a leitura de absorbância?	Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.	Pela leitura do controle positivo (17,9%)
		Pela leitura de qualquer reação enzimática que tenha feito (7,1%)
		Pela leitura do controle negativo (7,1%)
		Comparando o controle positivo com o controle negativo (67,9%)

A alternativa mais selecionada por eles, dizia que para o cientista descobrir se o erro ocorreu no ensaio enzimático ou na leitura da absorbância, ele deveria comparar o controle positivo com o controle negativo. Na verdade, sabendo-se que o controle negativo representa o branco e os resultados do ensaio não apresentaram atividade enzimática, apenas pela leitura do controle positivo seria possível saber se houve atividade enzimática ou se a absorbância não foi mensurada corretamente.

Na atividade prática envolvendo enzimas, este é um procedimento que ocorre com frequência, uma vez que os estudantes precisam mensurar a atividade enzimática e conseqüentemente definir sua eficiência catalítica.

No ano de 2016, a questão sobre Enzimas que os alunos tiveram mais dificuldade envolveu a habilidade de “Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos”. Conceitualmente, envolveu a utilização e o propósito da curva padrão nos experimentos (Tabela 18).

Tabela 18: Questão do teste Enzimas que os alunos do ano de 2016 tiveram mais dificuldade em responder.

Questão	Habilidade Contemplada	Alternativas
Para que é utilizada a curva padrão nos ensaios de atividade enzimática feitos na aula prática?	Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.	Para determinar a concentração do produto da reação enzimática naquele instante. (11,8%)
		Para determinar o concentração do substrato da reação enzimática naquele instante. (60,3%)
		Para determinar a velocidade da reação enzimática naquele instante. (7,4%)
		Para determinar a velocidade da reação enzimática durante o tempo de reação. (20,6%)

A alternativa mais selecionada por eles dizia que para o propósito da curva padrão é determinar a concentração do substrato da reação enzimática naquele instante. Entretanto, o propósito da curva padrão é determinar a concentração do produto naquele instante, uma vez que no ensaio colorimétrico utilizamos o produto da reação, no caso o pNP (para-nitrofenol).

Este é um erro recorrente entre os alunos durante a experimentação, uma vez que os alunos acham que estão utilizando o substrato da reação para montar a curva padrão e muitas vezes confundem o pNP com o substrato sintético da fosfatase, o pNPP (p-nitrofenilfosfato). Neste caso, os testes possibilitaram ao professor identificar alunos com esta dificuldade e orientá-los da maneira que julgasse pertinente.

Portanto, os testes via *3D Class* evitaram o tempo consumido com aplicação dos testes em sala de aula e também a tabulação e análise de testes aplicados em papel, o que se tornaria inviável levando-se em consideração o tempo disponível do professor.

Com isso, as discussões em sala e em laboratório tiveram a oportunidade de serem melhor direcionadas. Portanto, os testes não somente permitiram o primeiro contato com o conteúdo abordado em sala de aula, mas também propiciou aos professores uma possibilidade de identificação das dificuldades prévias dos estudantes, para que pudessem direcionar as discussões durante a experimentação e suas aulas como um todo, de acordo com o panorama de dificuldades observado.

Quais são as diferentes estratégias de abordagem dos testes utilizadas pelos nossos estudantes?

Na Figura 19 apresentamos um panorama de como o banco de dados do *3D Class* resultou nas análises discutidas neste e no próximo capítulo.

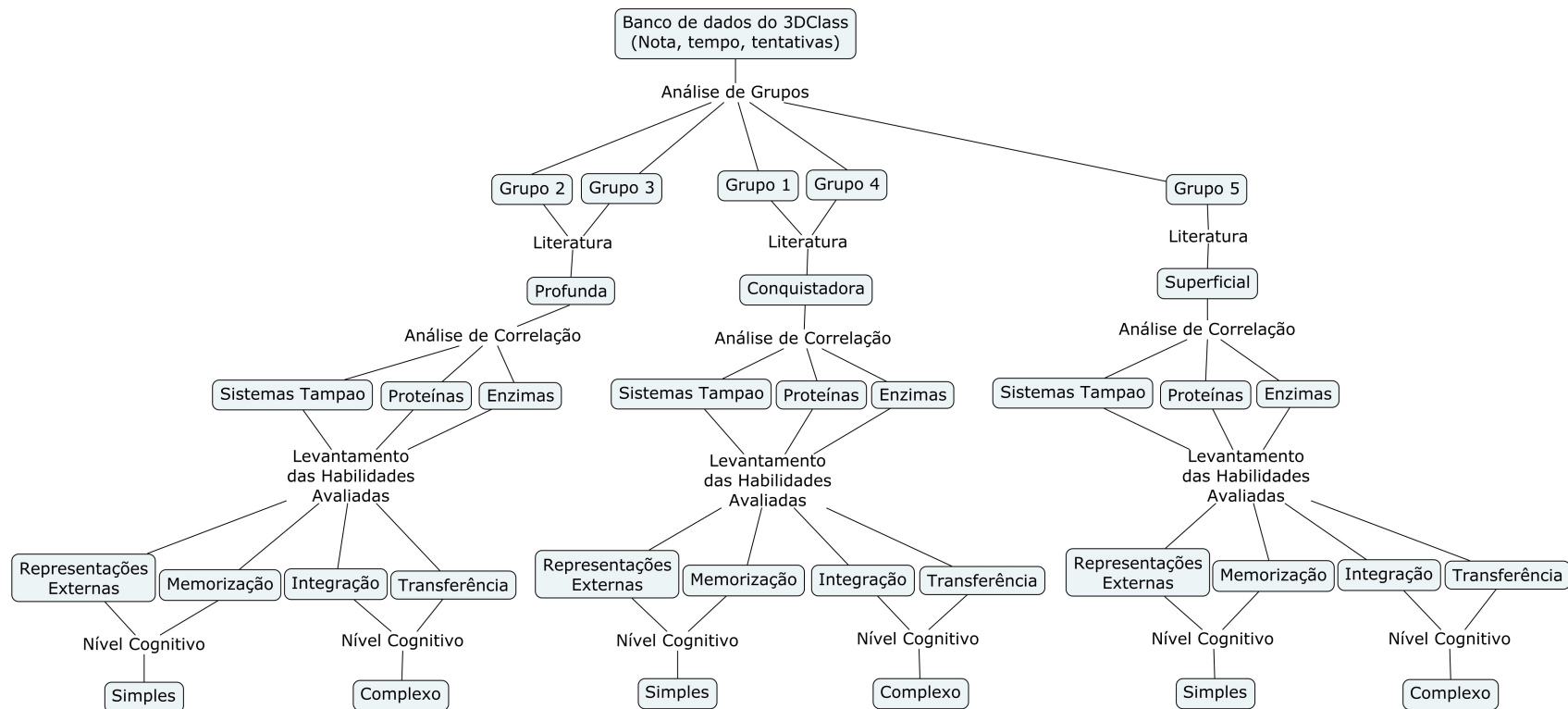


Figura 19: Fluxo de passos que culminou na identificação das diferentes estratégias de aprendizado e suas análises.

Após as aplicações dos testes nas turmas da disciplina *Bioquímica de Proteínas* nos anos de 2015 e 2016, nós obtivemos um total de 1672 tentativas por parte dos alunos participantes desta pesquisa. Partindo então deste banco de dados bruto, nós nos valemos de técnicas de *data mining* e iniciamos a identificação das estratégias de aprendizado dos estudantes realizando a análise de cluster *K-means*. Sabendo que esta análise parte de um número de clusters definidos *a priori*, para tal realizamos primeiramente o *Elbow Method*, o qual nos trouxe os resultados mostrados na Figura 20.

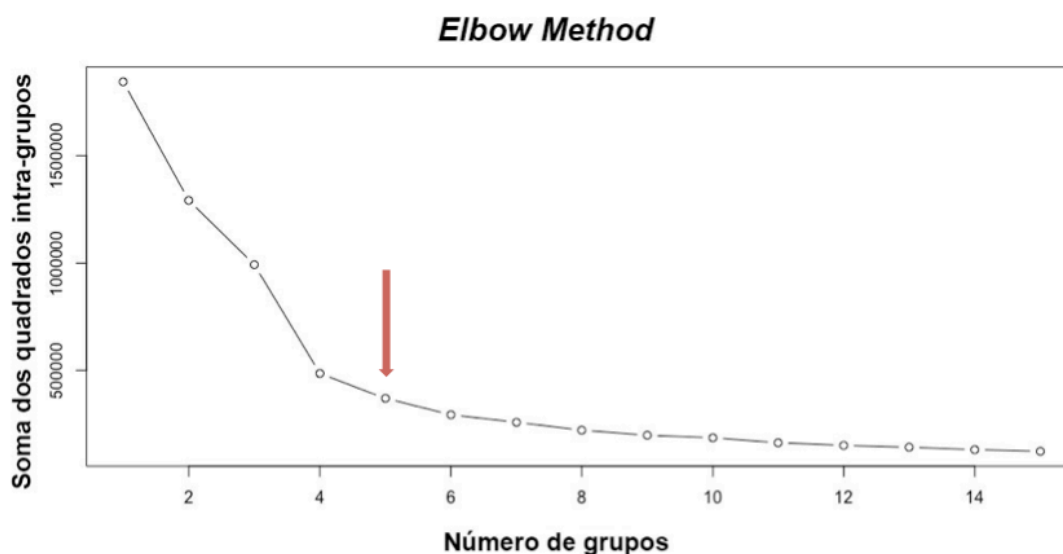


Figura 20: Resultados obtidos com o *Elbow Method* ($n = 1672$ tentativas). A seta indica o número de grupos selecionado para a presente análise.

De acordo com a técnica do *Elbow Method*, o número ideal de clusters para a nossa amostra seria quatro, entretanto, ao proceder com a análise de cluster observamos que haviam clusters com características de interesse que estavam sendo combinados em único grupo, então optamos por definir cinco clusters, número que também está dentro da margem de aceitação do método, conforme seta indicativa na Figura 20.

Então, após ajustar proporcionalmente as grandezas das variáveis fornecidas pelo banco de dados, realizamos a análise multivariada de cluster *K-means*⁹³ ($n = 1672$ tentativas). A partir dessa análise identificamos cinco grupos de alunos, mostrados na Figura 21.

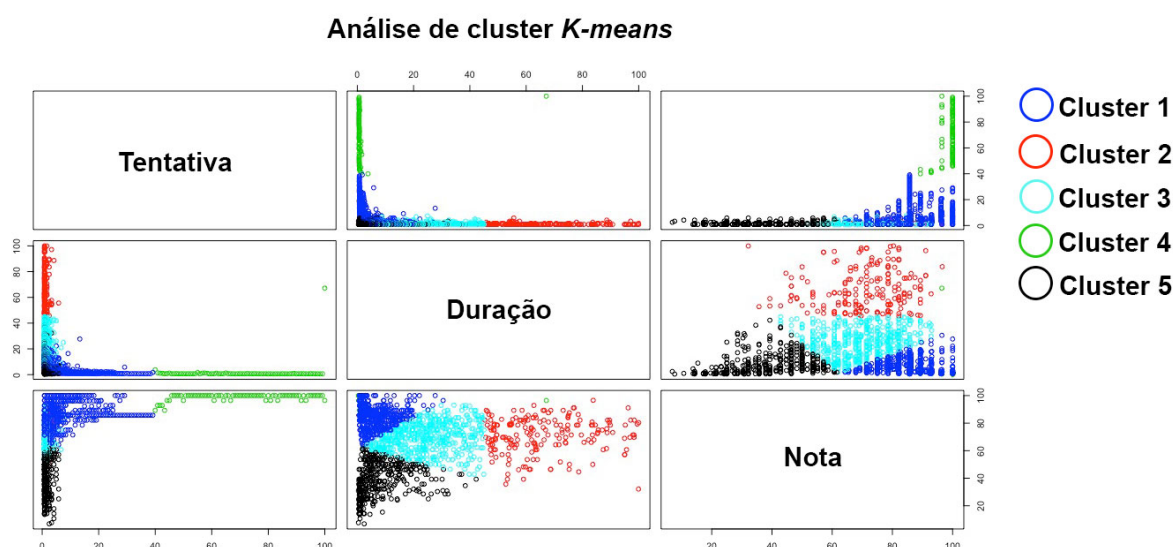


Figura 21: Análise de cluster proveniente de todas as tentativas dos alunos em realizar os testes disponibilizados no 3D Class (n = 1672 tentativas).

Com os grupos então definidos, utilizamos uma análise de frequência, também realizada no RStudio®. Esta análise permitiu alocar os estudantes em suas respectivas tentativas e através destas identificar em qual cluster cada aluno apareceu mais vezes (Anexo 4). Neste ponto da análise, aqueles alunos que não se destacaram em uma estratégia específica foram separados em um sexto grupo chamado Multi-estratégico.

A partir desses dados, utilizamos os dados da Tabela 19 para fazer um levantamento das características dos clusters que pudessem nos levar às condutas relativas às estratégias de aprendizado descritas por Biggs (1988).

Tabela 19: Resultados das características dos clusters provenientes da análise *K-means*.

Características									
	Nº de Tentativas			Duração			Nota		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
Cluster									
#1		X		X					X
#2	X					X			X
#3	X				X			X	
#4			X	X					X
#5	X			X			X		

De posse destes dados utilizamos a literatura como aporte teórico para unir os grupos de acordo com suas similaridades dentro das três principais estratégias de aprendizado abordadas neste trabalho: Superficial, Profunda e Conquistadora.

O estudante superficial é movido pela motivação extrínseca^{58,63}. Encara as tarefas como uma parte do processo que vai levá-lo a aprovação, portanto, seus esforços estão concentrados em aprovar-se. Ele prefere se concentrar em encontrar uma estratégia de concluir sua tarefa rapidamente, ao invés de desenvolver significados ou implicações daquilo que é aprendido, nem sempre atingindo um desempenho satisfatório^{56,58–60,63}. Prefere desempenhar as tarefas mecanicamente e reprodutivamente, estratégias que favorecem a aquisição de habilidades menos exigentes do ponto de vista cognitivo, como a memorização de conceitos^{63,108}. Com isso, o Cluster 5, onde foram alocados os alunos com poucas tentativas nos testes, uma baixa duração nas tentativas e um desempenho abaixo da média, foram chamados de Superficiais.

Os alunos classificados como profundos apresentam um interesse intrínseco em entender e usar o conhecimento propiciado pela tarefa, utilizando também conceitos já aprendidos ou transferindo o conhecimento para outros contextos⁵⁸, consequentemente gastando tempo para concluir a tarefa. Esses alunos são conhecidos por serem movidos pela curiosidade e comumente estão associados a um bom desempenho nas tarefas⁶⁵. Desta maneira, o Cluster 2 e o Cluster 3, onde foram alocados os alunos que não apresentaram muitas tentativas, mas dispendiam

mais tempo realizando os testes e tiveram um desempenho acima da média foram chamados de Profundos.

O foco da estratégia Conquistadora é obter o melhor desempenho possível^{58,63}. Esta estratégia apresenta uma diferença substancial, uma vez que apesar das estratégias Profunda e Superficial serem mutuamente excludentes, o aluno com estratégia Conquistadora pode atingir seu objetivo usando tanto a abordagem Superficial, quanto a abordagem Profunda o que caracteriza duas outras estratégias descritas na literatura: A Conquistadora-profunda e a Conquistadora-Superficial, esta última comumente relacionada aos melhores alunos⁵⁸. Assim, agrupamos os Clusters 1 e 4 na estratégia Conquistadora, uma vez que estes alunos apresentaram um número de tentativas excessivamente alto nos testes, não dispendiam muito tempo em cada tentativa e apresentaram notas bastante elevadas, possivelmente porque já em posse das respostas corretas entravam no teste apenas para aumentar sua média final.

Com isso, de um total de 147 alunos participantes desta pesquisa, 66 foram classificados como profundos, 37 superficiais, 18 conquistadores e 26 multi-estratégicos (Figura 22).

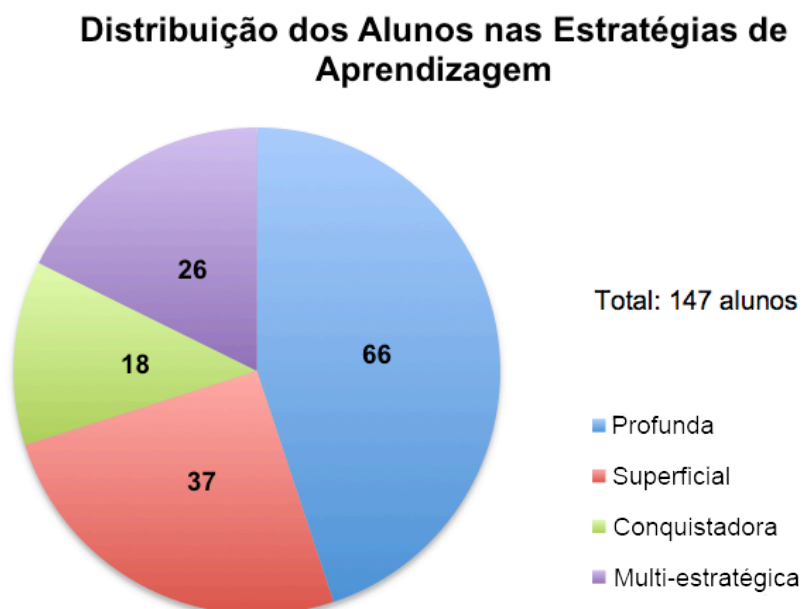


Figura 22: Resultados da alocação dos alunos em cada estratégia de aprendizado definidos por Biggs (1988) e o quarto grupo, multi-estratégico, que resultou da análise de frequência.

Para obter uma primeira validação das estratégias identificadas pela análise de cluster, realizamos uma análise estatística descritiva das médias finais da disciplina.

Primeiramente, checamos a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk^{101,102}. Os resultados (Tabela 20) mostraram que pelo menos uma das estratégias analisadas apresentou valor de p menor que o valor de alfa (0,05), portanto os dados foram tratados como não-paramétricos e procedemos com o teste de Kruskal-Wallis¹⁰¹⁻¹⁰³ para checar se havia diferença estatística entre as médias das estratégias analisadas.

Tabela 20: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias finais da disciplina para cada estratégia identificada.

Estratégia testada	Valor de p
Superficial	0,23
Profunda	0,52
Conquistadora	0,00
Multi-estratégica	0,72

Então, a diferença entre as médias finais foi então confirmada ($p = 6,8 \times 10^{-13}$) e posteriormente o Teste de Dunn¹⁰⁴ identificou quais amostras diferiram entre si (Tabela 21).

Tabela 21: Valores de p referentes às comparações das médias finais de cada estratégia. Comparações realizadas pelo Teste de Dunn.

Tipos de Comparações	Valor de p
Profunda – Superficial	0,000
Profunda – Conquistadora	0,005
Profunda – Multi-estratégica	0,004
Superficial – Conquistadora	0,000
Superficial – Multi-estratégica	0,007
Conquistadora – Multi-estratégica	0,000

De acordo com a comparação estatística das médias finais de cada estratégia identificada pudemos observar que a maior média final foi obtida pelos

alunos classificados como conquistadores (Figura 23), os quais tem como objetivo atingir a maior nota possível, seja com uma abordagem maquinal, seja buscando o entendimento do conteúdo.

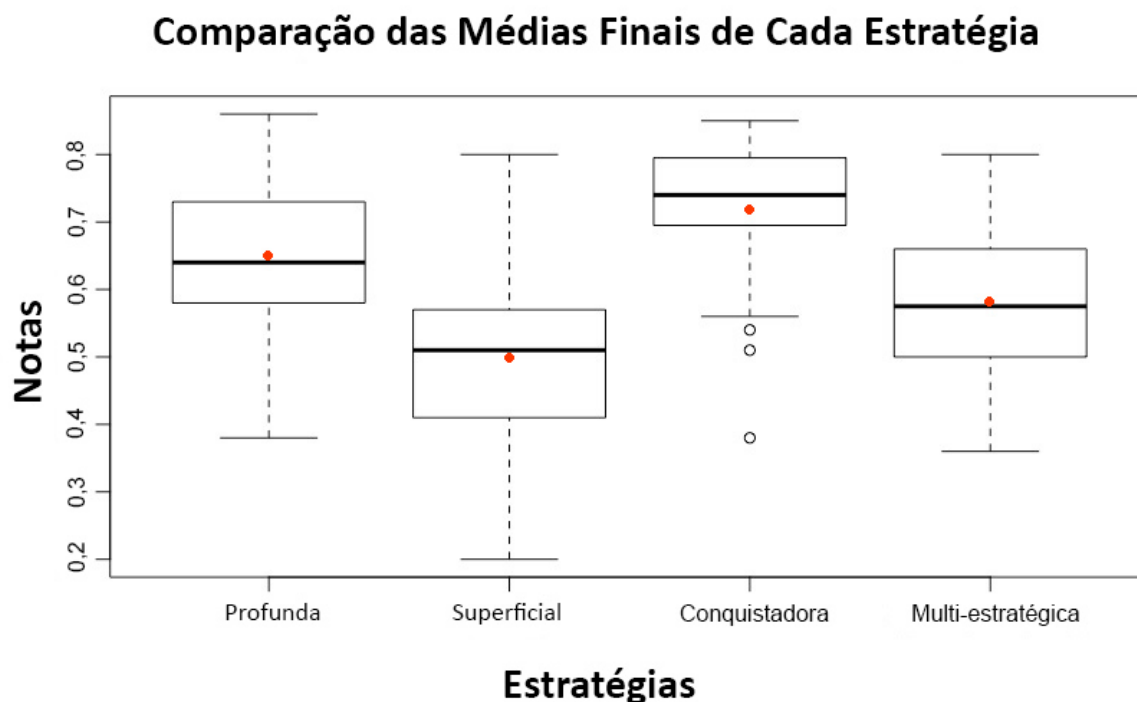


Figura 23: Resultado da comparação das médias finais da disciplina em cada estratégia estabelecida: Profunda (n = 66), Superficial (n = 37), Conquistadora (n = 18) e Multi-estratégica (n = 26). Todas as comparações são estatisticamente significantes ($p < 0,05$).

Seguidos pelos profundos, que apresentam interesse intrínseco pelo conteúdo, então pelos multi-estratégicos e por fim, aqueles classificados como superficiais. Estes dados representam um primeiro sinal das consequências das estratégias de aprendizado descritas por Biggs (1988)⁵⁸ o qual afirma que estas estratégias estão comumente relacionadas com a performance dos estudantes na disciplina como um todo⁶⁴.

Para checar se as diferentes estratégias de aprendizado atuaram também de maneira diferente nas provas da disciplina, as mesmas análises descritivas acima foram realizadas para as médias das avaliações aplicadas no decorrer na disciplina. Um resultado que pode também confirmar os resultados obtidos com a análise de cluster e com a análise descritiva das médias finais.

De acordo com o resultado do teste de Shapiro-Wilk (Tabela 22), observamos que se tratavam de dados não-paramétricos, já que as estratégias Superficial e Conquistadora apresentaram valores de p menores que o valor de alfa (0,05).

Tabela 22: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das provas da disciplina para cada estratégia identificada.

Estratégia testada	Valor de p
Superficial	0,01
Profunda	0,39
Conquistadora	0,05
Multi-estratégica	0,45

Portanto, a diferença entre as médias finais foi confirmada pelo teste de Kruskal-Wallis¹⁰¹ ($p = 4,76 \times 10^{-11}$) e posteriormente para identificar quais estratégias diferiram entre si utilizamos novamente o Teste de Dunn¹⁰⁴ (Tabela 23).

Tabela 23: Valores de p referentes às comparações das médias das provas aplicadas. Comparações realizadas pelo Teste de Dunn.

Tipos de Comparações	Valor de p
Profunda – Superficial	0,000
Profunda – Conquistadora	0,001
Profunda – Multi-estratégica	0,132
Superficial – Conquistadora	0,000
Superficial – Multi-estratégica	0,001
Conquistadora – Sem Perfil Definido	0,000

Os resultados do Teste de Dunn revelaram que o desempenho da maior parte das estratégias de aprendizado diferiram entre si, exceto entre a estratégia Profunda e aqueles alunos que não apresentaram uma estratégia definida durante a disciplina (Figura 24). Utilizando o gráfico, podemos observar que as médias dos dois grupos estão realmente muito próximas, além do elevado desvio padrão observado, principalmente entre as notas da estratégia Profunda.

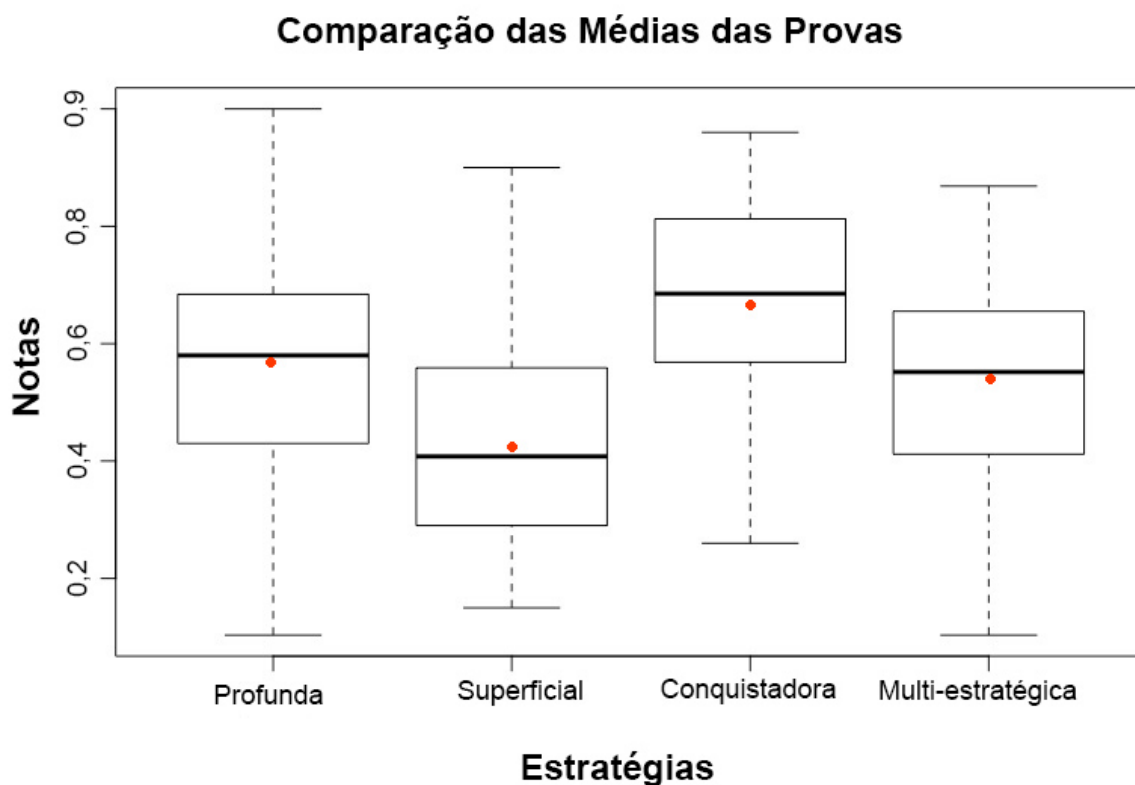


Figura 24: Média das provas aplicadas na disciplina *Bioquímica de Proteínas* para cada estratégia estabelecida. Profunda (n = 176), Superficial (n = 89), Conquistadora (n = 51) e Multi-estratégica (n = 65).

No topo das médias estão os alunos classificados como conquistadores, seguidos pelos alunos profundos, pelos multi-estratégicos e por fim pelos alunos superficiais. O fato dos alunos profundos obterem melhores desempenhos quando comparados com alunos superficiais^{63,109}, é conhecido de estudos prévios, embora também o melhor desempenho de alunos superficiais nas avaliações também seja conhecido, principalmente em alunos cursando o primeiro ano na universidade¹⁰⁹.

Existe uma ampla discussão a respeito do impacto da utilização de Ambientes Virtuais de Aprendizagem nas estratégias de aprendizado dos mesmos¹¹⁰⁻¹¹³. Apesar de haver estudos indicando que pequenas mudanças no ambiente de aprendizado não são capazes de impactar as estratégias dos estudantes¹¹², em nossa análise de cluster identificamos um maior número de alunos na estratégia profunda, o que poderia ser um ponto de partida para o estudo das implicações dos testes para os alunos sujeitos desta pesquisa.

Neste trabalho, há evidências de que além dos benefícios já mencionados neste trabalho, o completo banco de dados propiciado pelo *3D Class* permitiu que

nós pudéssemos identificar as estratégias de aprendizado de nossos alunos realizando os testes. Isto para que as implicações da própria utilização dos testes fosse investigada dentro da diversidade de perfis que compõem uma sala de aula.

Qual é a correlação entre o desempenho nos testes implementados e as provas das diferentes estratégias de aprendizado identificadas?

Nos alunos pertencentes a estratégia Superficial, observamos correlações positivas e significantes nos tópicos Sistemas Tampão e Proteínas (Figura 25A e 25B) e observamos correlação negativa e não significativa no tópico Enzimas (Figura 25C)

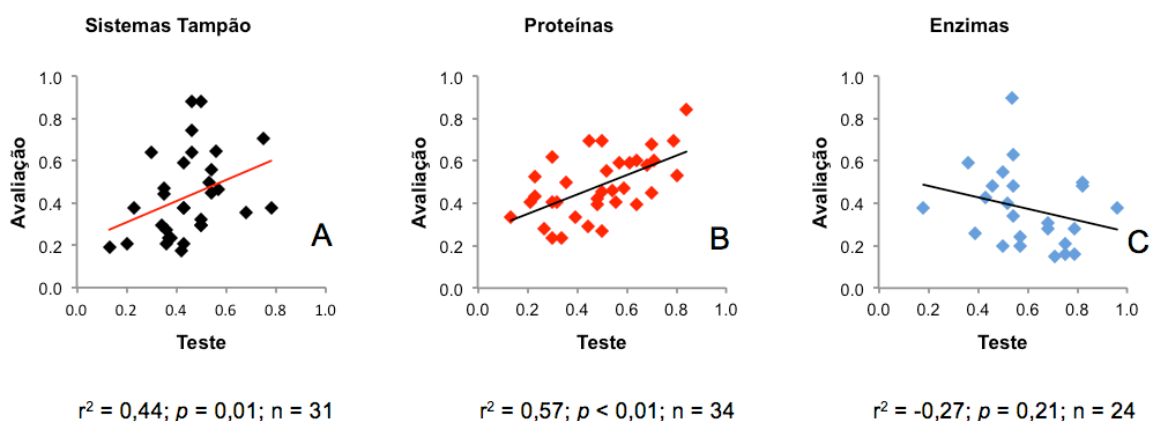


Figura 25: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como superficiais. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.

Sabendo da importância das habilidades avaliadas no desempenho das diferentes estratégias de aprendizado identificadas, realizamos uma contagem das habilidades mais abordadas nas provas aplicadas no decorrer da disciplina. Os alunos superficiais focam em habilidades de baixo nível cognitivo e tanto em Sistemas Tampão quanto em Proteínas, habilidades como a memorização de conceitos e a interpretação de representações externas foram muito exigidas nas avaliações (Figura 26).

Representações Externas e Memorização

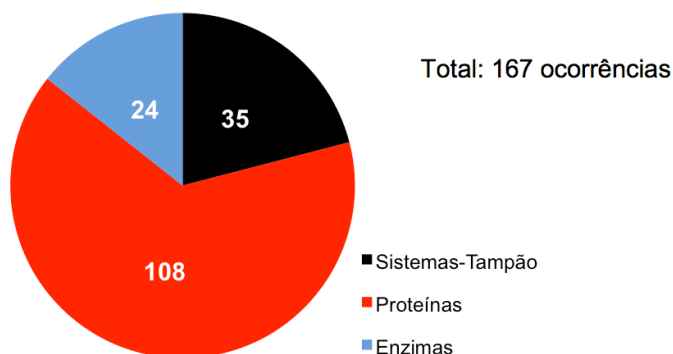


Figura 26: Número de ocorrências das habilidades relacionadas à interpretação de representações externas e memorização nas provas da disciplina *Bioquímica de Proteínas*. Dados provenientes de um total de 167 habilidades contadas.

Neste sentido, habilidades menos complexas, relacionadas a interpretação de representações externas e a memorização de conceitos foram avaliadas um total de 167 vezes durante o curso. Os tópicos Sistemas Tampão e Proteínas foram aqueles que mais avaliaram essas habilidades, totalizando 35 e 108 ocorrências, respectivamente (Figura 26).

No tópico Enzimas (Figura 25C), observamos uma correlação negativa, porém não significativa ($p = 0,21$). O valor de p indica que apesar de negativa, não observamos muita linearidade nas relações estabelecidas, ou seja, ora um bom desempenho no teste resultou em um bom desempenho na avaliação, ora o mesmo desempenho no teste resultou em um mau desempenho na avaliação. Esta mudança de padrão pode ser explicada pelo fato das habilidades com as quais esses alunos tem mais facilidade não terem sido muito abordadas na avaliação sobre Enzimas (Figura 26).

Integração e Transferência de conceitos

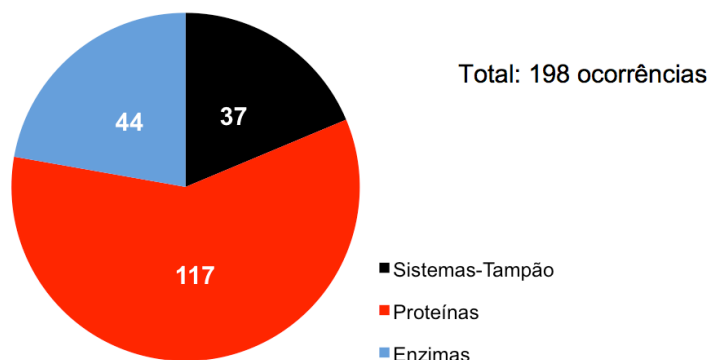


Figura 27: Número de ocorrências das habilidades relacionadas à integração e transferência de conceitos nas provas da disciplina *Bioquímica de Proteínas*. Dados provenientes de um total de 198 ocorrências.

As habilidades relacionadas a integração do conceito aprendido com outros relacionados e a transferência do conceito para resolução de problemas interessantes foram avaliadas 198 vezes durante a disciplina. O tópico Enzimas, foi um dos que mais avaliou essas habilidades, totalizando 44 de 198 ocorrências (Figura 27).

Entretanto, o aluno Superficial é focado na memorização dos fatos, o que pode ter um papel negativo na retenção do conhecimento^{63,65}. Com isso, apesar da memorização ser importante em muitas facetas do aprendizado, quando em uma avaliação emerge a necessidade de discorrer sobre determinados conceitos e mostrar habilidades mais complexas como integrar ou transferir o conhecimento para entender e resolver um problema, este perfil de estudante muitas vezes não consegue atingir seu objetivo¹⁰⁸.

Portanto, a baixa linearidade encontrada na análise de correlação do tópico Enzimas indica que as estratégias utilizadas por eles podem ajudá-los a concluir e até mesmo atingir um desempenho nos testes que os satisfaçam, mas o mesmo resultado não é observado quando são instigados a desenvolver nas avaliações os assuntos e as habilidades mais complexas com as quais tiveram contato anteriormente.

Estes resultados corroboram estudos prévios^{58,63,108} e resultados da análise estatística descritiva das notas das provas discutidas no capítulo anterior (Figura 24), onde os alunos superficiais estão comumente associados a um mau desempenho não só na tarefa em questão, mas em outras atividades do curso. Em

nosso caso, os alunos superficiais tiveram a menor média nas provas dentre as estratégias comparadas ficando abaixo do determinado para aprovação na disciplina (0,5 em nossa escala de análise) (Figura 24).

O estudante Superficial também tende a ser mais apegado a recursos externos como o professor e os colegas e também a desistir mais facilmente da tarefa⁵⁹. Portanto ele pode, por exemplo, ter consultado os colegas em busca das respostas corretas ou mesmo ter chutado as alternativas para concluir o teste, o que pode ser constatado pelo pouco tempo que esses alunos levam para concluir uma tentativa no *3D Class* e também pelo baixo número de tentativas atribuídas a este perfil (Figura 21).

Para entender melhor a influência do tópico ensinado e suas respectivas habilidades avaliadas no desempenho dos alunos superficiais, comparamos as médias obtidas nas avaliações de cada tópico de interesse deste trabalho.

De acordo com o resultado do teste de Shapiro-Wilk (Tabela 24), observamos que as notas da avaliação se tratavam de dados não-paramétricos, uma vez que o tópico Sistemas Tampão apresentou valor de p menor que o valor de alfa (0,05).

Tabela 24: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das provas da disciplina para cada tópico avaliado e para a estratégia Superficial.

Tópico Testado	Valor de p
Sistemas Tampão	0,03
Proteínas	0,50
Enzimas	0,06

Sabendo disto, testamos a diferença entre as médias das provas da estratégia Superficial pelo teste de Kruskal-Wallis¹⁰¹ ($p = 0,04$) e posteriormente para identificar quais tópicos diferiram entre si utilizamos o Teste de Dunn¹⁰⁴ (Tabela 25).

Tabela 25: Resultados do teste de Dunn das médias das provas da disciplina para cada tópico avaliado nas provas da disciplina e para a estratégia Superficial.

Comparações realizadas	Valor de p
Sistemas Tampão – Proteínas	0,06
Sistemas Tampão – Enzimas	0,15
Proteínas – Enzimas	0,01

Entre os tópicos abordados nas avaliações, a análise descritiva das médias das avaliações mostrou diferença estatística apenas entre Proteínas e Enzimas (Figura 28).

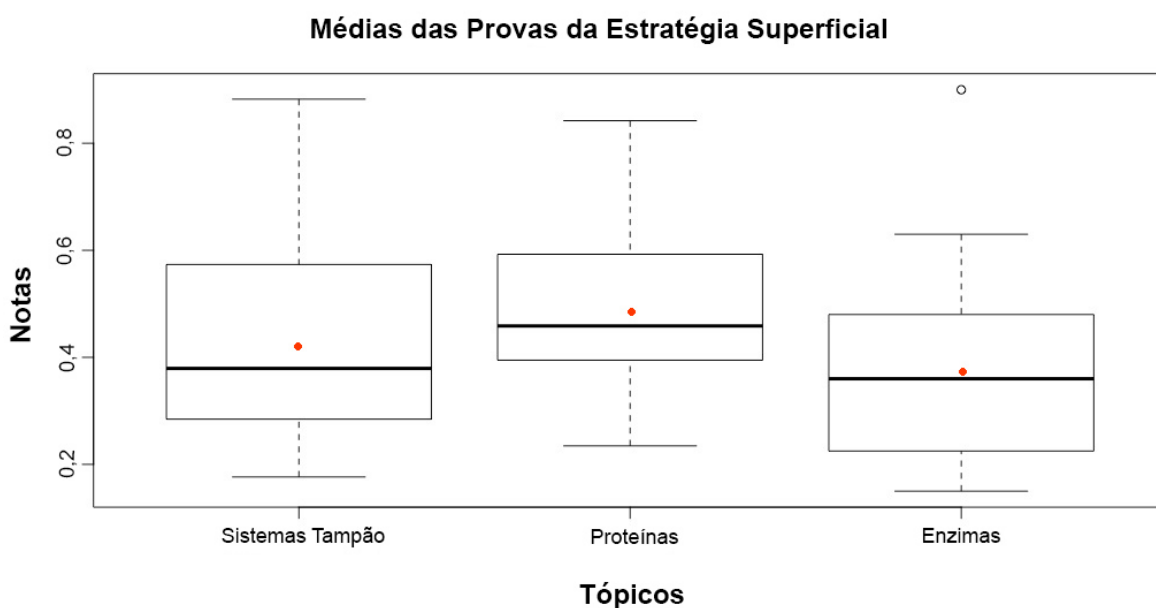


Figura 28: Média das provas da estratégia Superficial. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão ($n = 31$), Proteínas ($n = 34$) e Enzimas ($n = 24$).

De acordo com os dados da quantificação das habilidades com as quais esses alunos tem mais facilidade (Figura 26), Proteínas e Enzimas são os tópicos em que suas contagens foram mais discrepantes entre si. As habilidades de memorização e de decodificação do simbolismo que compõe uma representação externa ocorreram 108 vezes no tópico Proteínas e 24 vezes no tópico Enzimas, de um total de 167 ocorrências.

Entretanto, considerando as habilidades em que estes alunos tem mais dificuldade, o tópico Proteínas avaliou muito mais habilidades de integração e transferência do conhecimento (118 vezes de 198 ocorrências) do que Enzimas (44 vezes de 198 ocorrências), como mostrado na Figura 27. O desempenho abaixo do esperado no tópico em que ocorreram proporcionalmente menos habilidades desafiadoras, pode ter se dado pela complexidade teórica e prática inerentes ao tópico Enzimas.

Com relação à estratégia Profunda, primeiramente, a análise descritiva das notas de suas avaliações mostrou que a média deste grupo de alunos esteve próxima de 0,6, um desempenho que apesar de baixo, está acima do exigido para aprovação na disciplina (0,5 em nossa escala), como mostrado na Figura 24.

No tópico Sistemas Tampão observamos uma positiva, porém baixa e não significativa correlação entre as notas dos testes aplicados via *3D Class* e a nota da avaliação parcial (Figura 29A). Os resultados mostram que para este tópico os testes podem não ter impactado positivamente o desempenho dos alunos na avaliação parcial, apresentando-se como uma baixa tendência positiva.

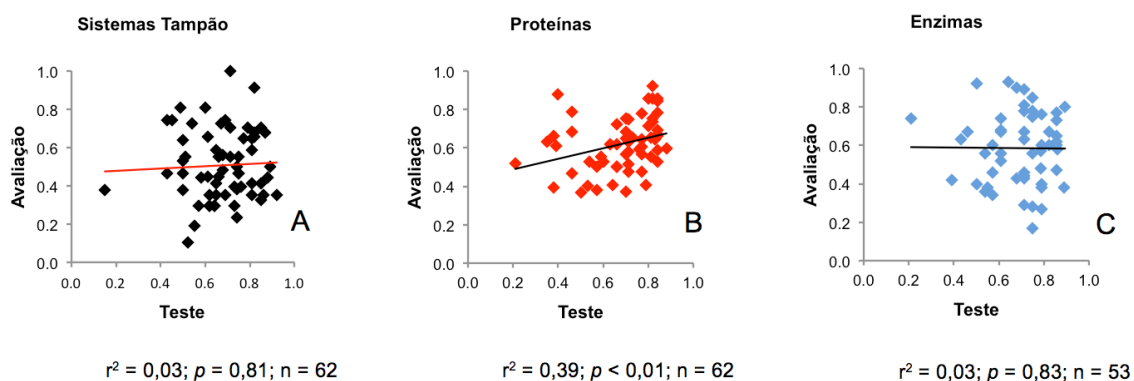


Figura 29: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como profundos. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.

Em Sistemas Tampão, as habilidades mais exigentes do ponto de vista cognitivo, com as quais os alunos profundos se adequam melhor^{58-60,63}, não foram proporcionalmente muito exploradas, totalizando 37 ocorrências de 198 (Figura 27). Neste sentido, esta estratégia de aprendizagem, que não está focada na memorização dos fatos, não foi contemplada na avaliação sobre Sistemas Tampão,

o que pode ter refletido em seu desempenho. Portanto, observamos que com respeito ao teste, esses alunos alcançaram médias em grande parte acima de 0,4 (Figura 29A), mas este mesmo panorama não foi observado nas notas da avaliação sobre Sistemas Tampão.

No tópico Proteínas, assim como para a estratégia Superficial, observamos uma significativa correlação positiva entre o teste online e a avaliação (Figura 29B). Neste tópico, assim como a grande ocorrência de habilidades relacionadas a interpretação de representações externas, observamos também uma considerável ocorrência de habilidades mais complexas do ponto de vista cognitivo, como as habilidades de integração e transferência do conhecimento dos conceitos (Figuras 26 e 27), totalizando 117 de 198 ocorrências. Por este motivo, esses alunos podem ter se destacado mais nesse tópico e os testes podem ter apresentado um papel positivo para eles neste caso.

Já para o tópico Enzimas observamos uma baixa e não significativa correlação positiva entre a nota do teste e a nota da avaliação (Figura 29C). Sabendo da complexidade do tópico Enzimas, uma vez que envolve muitos dos conceitos aprendidos anteriormente durante o curso e da grande ocorrência de habilidades mais complexas sendo proporcionalmente avaliadas, mesmo para aqueles alunos engajados em construir significados dos conceitos aprendidos, o tópico se apresentou desafiador.

Para aprofundarmos nossa visão sobre o desempenho desses alunos em cada assunto tratado na disciplina *Bioquímica de Proteínas*, comparamos as médias das provas em cada tópico ensinado.

De acordo com o resultado do teste de Shapiro-Wilk (Tabela 26), observamos que as notas da avaliação eram dados paramétricos, uma vez que todos os tópicos apresentaram valor de p maior que o valor de alfa (0,05).

Tabela 26: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das provas para cada tópico avaliado e para a estratégia Profunda.

Tópico Testado	Valor de p
Sistemas Tampão	0,27
Proteínas	0,36
Enzimas	0,53

Portanto, realizando a análise multivariada MANOVA^{101,102} (Tabela 27), observamos que os resultados não mostraram diferenças estatísticas entre os tópicos abordados, mas podemos observar que em Enzimas os alunos tenderam a melhorar seu desempenho nas avaliações comparado com o primeiro tópico ensinado na disciplina: Sistemas Tampão, mantendo um desempenho parecido com aquele exibido no tópico Proteínas (Figura 30).

Tabela 27: Resultados do teste MANOVA das médias das provas da disciplina para cada tópico avaliado nas provas da disciplina e para a estratégia Profunda.

Comparações realizadas	Valor de <i>p</i>
Sistemas Tampão – Proteínas	0,13
Sistemas Tampão – Enzimas	0,73
Proteínas – Enzimas	0,75

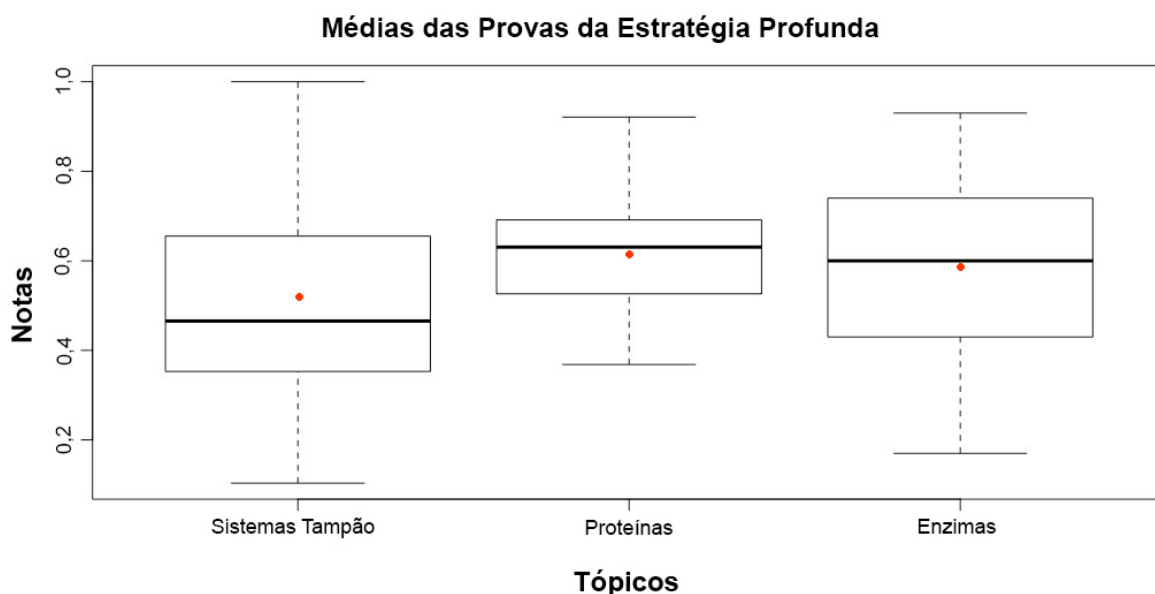


Figura 30: Média das provas da estratégia Profunda. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão ($n = 62$), Proteínas ($n = 62$) e Enzimas ($n = 53$).

Neste aspecto, o grupo profundo se comportou de maneira diferente da estratégia Superficial, a qual em Enzimas apresentou uma significativa queda no desempenho quando comparada ao tópico Proteínas e uma tendência a apresentar uma menor média quando comparada ao tópico Sistemas Tampão (Figura 28).

Apesar da ausência de significância nas notas das avaliações dos diferentes tópicos avaliados, ainda sim as tendências mostradas nos fornecem algumas pistas de como as habilidades avaliadas em cada tópico e seus níveis de complexidade relacionados ao conteúdo podem influenciar no desempenho dos alunos pertencentes a esta estratégia. Os dois tópicos onde esses alunos foram desafiados mais vezes a integrar e transferir o conhecimento dos conceitos, Proteínas e Enzimas foram aqueles em que eles tenderam a obter as melhores médias nas avaliações.

A estratégia Conquistadora foi a única que, apesar das correlações positivas encontradas em todos os tópicos analisados, nenhuma apresentou significância estatística (Figura 31). O foco desses alunos é obter o melhor desempenho possível^{58,63}, portanto, independente das habilidades majoritariamente avaliadas nos tópicos que compõem a disciplina, observamos uma tendência à correlação positiva em seus dados.

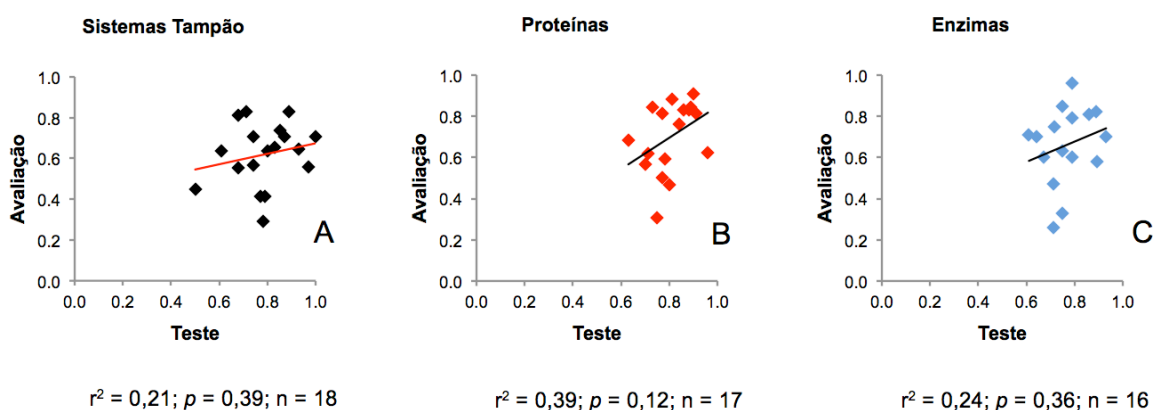


Figura 31: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como conquistadores. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.

A tendência à correlação positiva entre o desempenho no teste e o desempenho na avaliação, pode indicar a presença de alunos com estratégia Conquistadora-profunda. Ao mesmo tempo, o elevado valor de p obtido na análise de correlação, indica baixa linearidade, o que pode evidenciar a presença de alunos com estratégia Conquistadora-superficial, focados na aprendizagem maquinal. Portanto, apesar de atingirem uma boa atuação nos testes esse quadro muitas vezes não se repetiu nas questões da avaliação. Além disso, outro dado que pode

indicar a presença de dois comportamentos nesse perfil é o fato de ser o único a apresentar *outliers* que atingiram a nota 0,4 de 1, na média final da disciplina (Figura 23).

A análise descritiva das médias das avaliações da estratégia Conquistadora mostrou que estes alunos apresentaram a maior média de avaliações entre os grupos analisados (0,7 de 1,0), confirmando a estratégia desses alunos de obter o melhor desempenho possível nas avaliações (Figura 24).

Analisando o desempenho desses alunos por tópico, estatisticamente, de acordo com o resultado do teste de Shapiro-Wilk (Tabela 28), observamos que as notas das avaliações se tratavam de dados paramétricos, uma vez que todos os tópicos apresentaram valor de p maior que o valor de alfa (0,05).

Tabela 28: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das provas para cada tópico avaliado nas provas da disciplina e para a estratégia Conquistadora.

Tópico Testado	Valor de P
Sistemas Tampão	0,36
Proteínas	0,09
Enzimas	0,46

Então, realizamos o teste MANOVA, onde observamos que não houveram diferenças estatísticas entre as médias dos tópicos ensinados na disciplina para a estratégia Conquistadora (Tabela 29).

Tabela 29: Resultados do teste MANOVA multivariada das médias das provas da disciplina para cada tópico avaliado nas provas da disciplina e para a estratégia Conquistadora.

Comparações realizadas	Valor de P
Sistemas Tampão – Proteínas	0,27
Sistemas Tampão - Enzimas	0,33
Proteínas - Enzimas	0,55

Apesar de não haver diferenças entre as notas dos tópicos avaliados, podemos observar que as elevadas médias obtidas por esses alunos nas avaliações, independente do tópico abordado na disciplina confirmam sua estratégia de obter as melhores notas possíveis (Figura 32). Além disso, observamos uma tendência ao melhor desempenho no tópico Enzimas, comparado com Sistemas Tampão e desempenho ainda mais similar entre Enzimas e Proteínas.

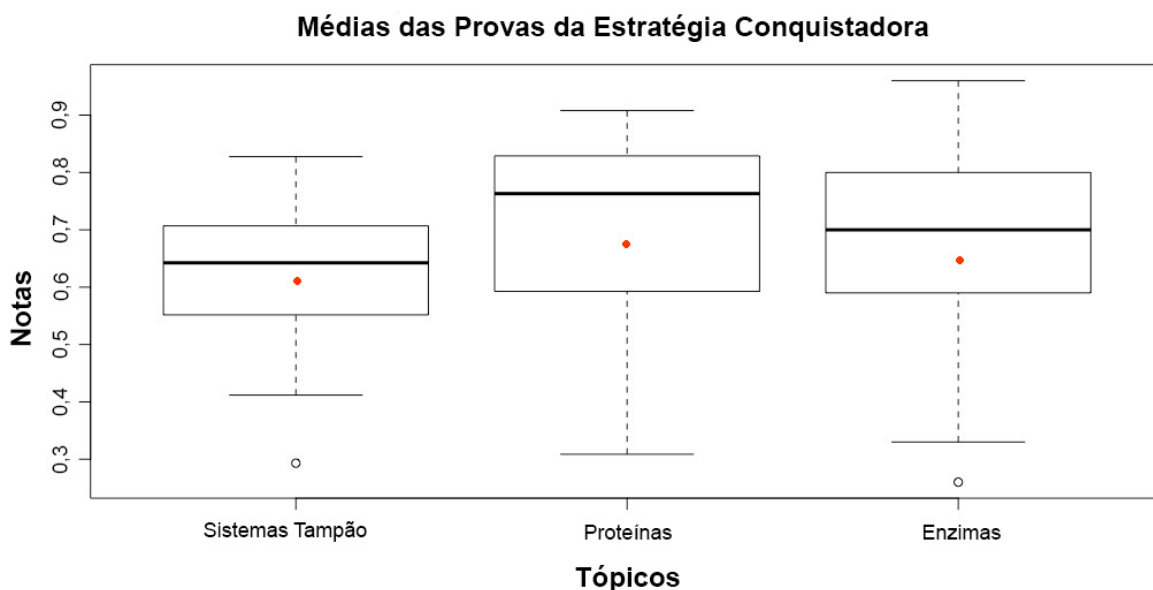


Figura 32: Média das provas da estratégia Conquistadora. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão (n = 18), Proteínas (n = 17) e Enzimas (n = 16).

A estratégia de obter as maiores notas pode estar associada também aos perfis de competidores, uma vez que esta estratégia é muitas vezes movida pelo ego e pela visibilidade dentre os colegas classe⁵⁸. Portanto, com o objetivo de obter índices de competitividade entre os alunos e sabendo da influência exercida pela competitividade no ensino e nas estratégias de aprendizado dos alunos^{34,35}, principalmente na utilização de ambientes virtuais como o *3D Class*, realizamos um levantamento dos alunos que competiram entre si durante a disciplina, ou seja, aqueles que apresentaram uma variação de pontuação no ranking do *3D Class* ao longo do semestre.

O ranking do *3D Class* classifica os alunos com base no número de vezes que ele acessou o teste e também na pontuação que ele obteve em cada tentativa. Semanalmente, o ranking foi acompanhado para identificar alunos que poderiam

estar competindo entre si, se movimentando ou permanecendo em boas posições na classificação de sua turma.

Feito isso, os dados do ranking foram comparados com aqueles obtidos na identificação das estratégias de aprendizado, com o objetivo de identificar em qual estratégia esses alunos apareceram com mais frequência e também para checar se o comportamento desses alunos está de acordo com a referida estratégia.

O número de estudantes que apareceram entre as 10 primeiras posições no ranking do aplicativo totalizaram 11 estudantes de um total de 17 estudantes que compõem esse perfil, seguidos pelo Superficial (7 estudantes de 37) e Profundo (14 estudantes de 66) (Figura 33). Desta forma, a estratégia conquistadora foi aquela que proporcionalmente teve mais alunos competidores, confirmando mais uma vez o perfil de competidor característico deste perfil de estudantes.

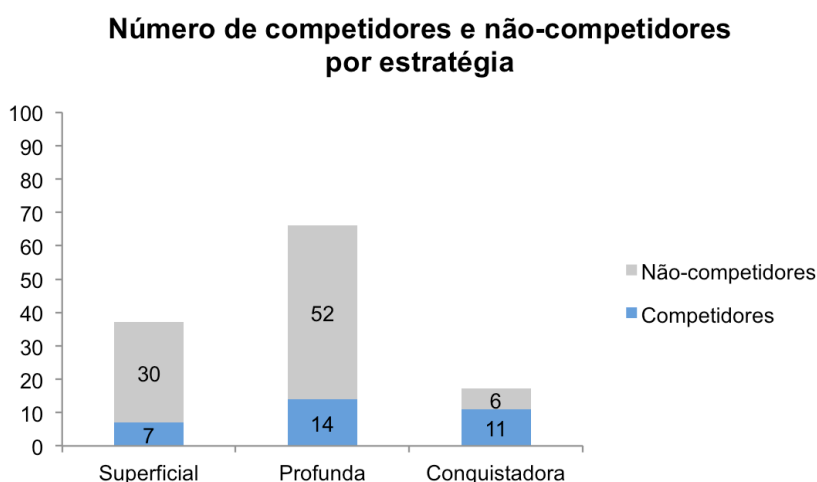


Figura 33: Resultados da contagem de possíveis competidores por estratégia de aprendizado: Superficial (n = 37), Profunda (n = 66), Conquistadora (n = 17).

Durante a análise de frequência que resultou na alocação dos alunos nas suas referidas estratégias, observamos estudantes que não apresentaram uma preferência por uma estratégia específica, os quais foram agrupados separadamente em um grupo chamado Multi-estratégico.

No tópico Sistemas Tampão e no tópico Proteínas os testes parecem ter um papel positivo na performance dos alunos na avaliação, onde observamos uma correlação positiva e significativa (Figura 34).

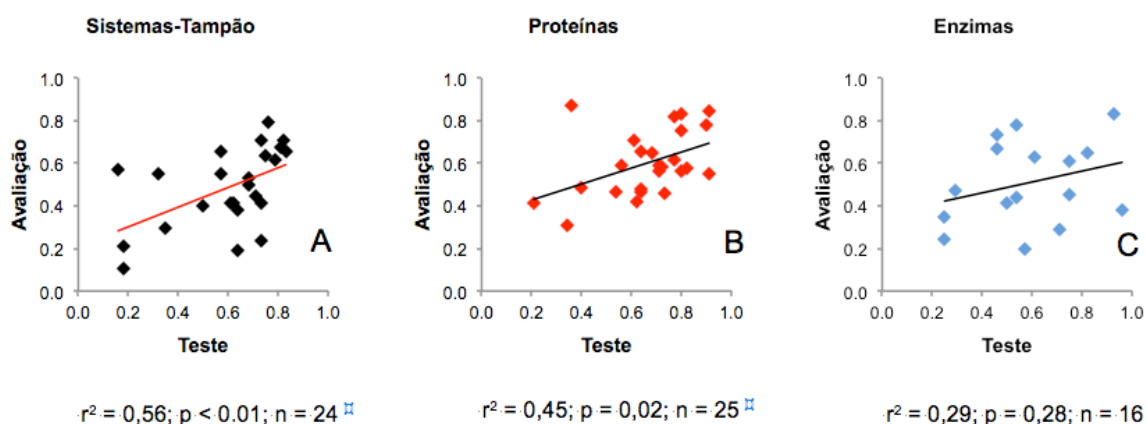


Figura 34: Resultados das análises de correlação entre a média do teste e as notas das provas dos alunos classificados como multi-estratégicos. A) Análise de correlação referente ao tópico Sistemas Tampão. B) Análise de correlação referente ao tópico Proteínas. C) Análise de correlação referente ao tópico Enzimas.

Estes alunos parecem adequar sua estratégia de aprendizado de acordo com a necessidade naquele determinado tópico, sem adotar uma estratégia específica durante todo o curso. Eles podem ser capazes de reconhecer ou, ao longo do curso, levantar informações a respeito do perfil de questões que o professor costuma abordar em suas avaliações, com o objetivo de adequar seus estudos de acordo com elas. Tanto no tópico Sistemas Tampão onde habilidades mais simples foram mais avaliadas (Figura 26), quanto em Proteínas onde um maior número de habilidades complexas foi avaliado (Figura 27) observamos um papel positivo no desempenho dos alunos.

Analisando a média final da disciplina, o desempenho dos alunos multi-estratégicos ficou entre os alunos Profundos e os Superficiais, obtendo uma média entre 0,5 e 0,65 (Figura 23). Isso significa que, de acordo com o desempenho desses alunos, não seguir uma estratégia definida ao longo do semestre não necessariamente implicou em um mau desempenho na disciplina.

Assim como nas demais estratégias analisadas, no tópico Enzimas observamos apenas uma tendência nos dados. Há uma tendência a correlação positiva, porém não significativa entre as notas do teste a nota da avaliação. Entretanto, sabendo que no tópico mais complexo apresentado aos alunos, este grupo foi o que apresentou maior correlação positiva em nossas análises, essa tendência pode ser mais uma evidência de que este grupo de alunos ajusta sua estratégia de acordo com o que é exigido nas avaliações.

Além disso, analisando as médias das avaliações como um todo (Figura 24), este grupo de alunos obteve um desempenho localizado entre a estratégia Conquistadora e a Estratégia Profunda, apesar de não apresentar diferenças estatísticas quando comparado com a estratégia Profunda.

Comparando estatisticamente as médias obtidas em cada avaliação parcial, de acordo com o resultado do teste de Shapiro-Wilk (Tabela 30), observamos que as notas da avaliação se tratavam de dados paramétricos, uma vez que todos os tópicos apresentaram valor de p maior que o valor de alfa (0,05).

Tabela 30: Resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk das médias das provas para cada tópico avaliado nas provas da disciplina e para os alunos classificados como multi-estratégicos.

Tópico Testado	Valor de p
Sistemas Tampão	0,48
Proteínas	0,41
Enzimas	0,61

Sabendo disso, realizamos o teste MANOVA, onde observamos que não houveram diferenças estatísticas entre as médias dos tópicos ensinados na disciplina para os alunos classificados como multi-estratégicos (Tabela 31).

Tabela 31: Resultados do teste MANOVA das médias das provas para cada tópico avaliado nas provas da disciplina e para os alunos classificados como multi-estratégicos.

Comparações realizadas	Valor de P
Sistemas Tampão – Proteínas	0,05
Sistemas Tampão – Enzimas	0,44
Proteínas – Enzimas	0,15

Diferentemente das estratégias Profunda e Conquistadora, estes alunos apresentaram uma tendência a ter um pior desempenho no tópico Enzimas quando comparado ao primeiro tópico da disciplina: Sistemas Tampão (Figura 35). Um panorama parecido com aquele observado nos alunos Superficiais (Figura 28).

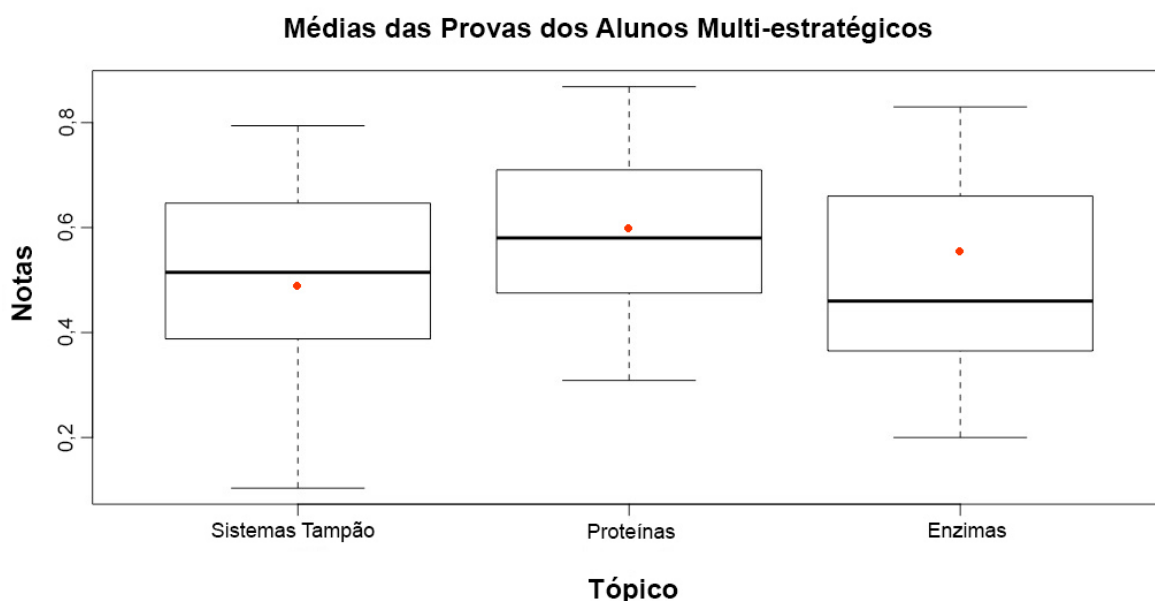


Figura 35: Média das provas dos alunos multi-estratégicos. Cada caixa representa um tópico avaliado: Sistemas Tampão (n = 24), Proteínas (n = 25) e Enzimas (n = 26).

Estes dados podem indicar que apesar de possivelmente estarem ajustando suas estratégias ao longo do tempo, eles parecem não se utilizar muito da estratégia Profunda, o que poderia ter refletido negativamente em todas as médias analisadas e também na análise de correlação.

Neste capítulo, obtivemos evidências das implicações dos testes implementados no contexto da Sala de Aula Invertida no desempenho dos estudantes. De acordo com nossos resultados, o papel dos testes está diretamente relacionado à estratégia de aprendizado dos alunos em que esta metodologia foi aplicada.

Também obtivemos evidências de que as habilidades abordadas nas provas tiveram implicações no desempenho das diferentes estratégias identificadas, uma vez que cada estratégia se adequa melhor com habilidades específicas. Sabendo disto, nossos resultados proporcionam também uma possibilidade de adequação das habilidades exigidas na prova de acordo com as expectativas do professor e do currículo da disciplina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento, desenvolvimento e implementação dos testes na disciplina *Bioquímica de Proteínas* foi capaz de proporcionar um extenso banco de questões que possibilitou o contato prévio dos alunos com os conteúdos de sala de aula e possibilitou que as dificuldades dos estudantes fossem identificadas em tempo real, contribuindo para a economia de tempo do professor com coleta e tabulação de dados. Isto evidenciou o potencial diagnóstico desta metodologia e dos Ambientes Virtuais de Aprendizado.

Utilizando o banco de dados dos testes, este trabalho foi capaz de identificar quatro diferentes estratégias de aprendizado de nossos estudantes realizando as atividades propostas pelo 3DClass, sendo elas: Superficial, Profunda, Conquistadora e Multi-estratégico. A literatura aborda apenas três estratégias de aprendizado, porém a análise de frequência levantou uma quarta possível estratégia, que inicialmente pareciam estudantes que não apresentavam uma estratégia definida, mas que de acordo com os resultados corresponde a um grupo de estudantes que aparentemente se adequam de acordo com as características do tópico abordado nos testes e nas avaliações.

Para os alunos classificados como superficiais, os testes apresentaram um papel positivo no desempenho destes alunos apenas nas provas envolvendo os tópicos onde as habilidades mais simples do ponto de vista cognitivo foram mais abundantes. Sabendo que essa estratégia é reconhecida por ter mais facilidade com essas habilidades, os testes podem não ter sido capazes de contribuir com o aquisição de habilidades mais complexas, as quais eles tem mais dificuldade.

De outra forma, os testes apresentaram papel positivo no desempenho das provas dos alunos da estratégia Profunda naqueles tópicos em que habilidades mais complexas foram privilegiadas. Como o foco desses alunos é construir significados dos conceitos contidos na tarefa, conseqüentemente apresentando uma facilidade maior com essas habilidades, o teste pode ter contribuído na aquisição dessas habilidades de nível cognitivo mais alto.

Para a estratégia Conquistadora, os testes tenderam a ter um papel positivo no desempenho nas provas dos seus integrantes, independente das habilidades mais abordadas nas provas. Essa tendência pode significar a presença de alunos Conquistadores-profundos e Conquistadores-superficiais dentro desse

mesmo grupo. Apesar da possibilidade dos testes terem desempenhado um papel positivo nas elevadas médias das provas desse grupo de alunos, esta é identificada como a estratégia mais engajada e também a mais competitiva. Portanto, neste caso o bom desempenho destes alunos pode estar mais relacionado com sua estratégia de conseguir as melhores notas nas tarefas designadas a eles do que com os testes por si só.

Para aqueles alunos classificados como multi-estratégicos, os testes parecem apresentar o papel mais positivo no desempenho dos alunos, dentre as estratégias analisadas neste trabalho e ao mesmo tempo os resultados mais intrigantes, uma vez que apesar de não possuírem uma estratégia fixa durante a disciplina, apresentaram um desempenho favorável nas provas e na disciplina como um todo. Aparentemente, estes alunos adequam suas estratégias de acordo com a demanda do tópico tratado na tarefa e esta adequação os levou a um melhor aproveitamento comparado com os alunos superficiais, que por exemplo, mantiveram esta estratégia evidente ao longo do curso.

Portanto, neste estudo há evidências de que os testes implementados na disciplina *Bioquímica de Proteínas* tem implicações positivas no desempenho dos alunos, uma vez que as diferentes estratégias de aprendizado e suas motivações particulares dependem da tarefa e de suas características intrínsecas para emergirem e resultarem em seus diferentes desempenhos. Entretanto, estas implicações não podem ser atribuídas aos testes por si só, mas em uma via de mão dupla estão ligadas às próprias estratégias que os alunos utilizam para abordá-los e também as habilidades contempladas nas avaliações da disciplina, que podem favorecer ou não o desempenho das diferentes estratégias identificadas.

REFERÊNCIAS

1. Mattos, C. *et al.* Special Section: Foundational Concepts and Assessment Tools for Biochemistry and Molecular Biology Educators, Part 1: Essential Concepts and Skills. Introduction: Promoting Concept Driven Teaching Strategies in Biochemistry and Molecular Biology. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **41**, 287–8 (2013).
2. Caldwell, B., Rohlman, C. & Benore-parsons, M. A Curriculum Skills Matrix for Development and Assessment of Undergraduate Biochemistry and Molecular Biology Laboratory Programs. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **32**, 11–16 (2004).
3. Boyer, R. Concepts and Skills in the Biochemistry/Molecular Biology Lab. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **31**, 102–105 (2003).
4. Voet, J. G. *et al.* Mini-Series: The ASBMB Recommended Biochemistry and Molecular Biology Undergraduate Curriculum and its Implementation Recommended Curriculum for a Program in Biochemistry and Molecular Biology. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **31**, 161–162 (2003).
5. White, H. B., Benore, M. A., Sumter, T. F., Caldwell, B. D. & Bell, E. What Skills Should Students of Undergraduate Biochemistry and Molecular Biology Programs Have Upon Graduation? *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **41**, 297–301 (2013).
6. Tansey, J. T. *et al.* Foundational concepts and underlying theories for majors in ‘biochemistry and molecular biology’. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **41**, 289–96 (2013).
7. Anderson, C. W. *et al.* *Vision and Change in Undergraduate Biology Education. A Call to Action. 2009 Vision and Change Meeting* (American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2009).
8. Wright, A., Provost, J., Roecklein-Canfield, J. a & Bell, E. Essential concepts and underlying theories from physics, chemistry, and mathematics for ‘biochemistry and molecular biology’ majors. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **41**, 302–8 (2002).
9. Anderson, T. R., Schönborn, K. J. & Plessis, L. in *Multiple Representations in Biological Education* (eds. Treagust, D. F. & Tsui, C.-Y.) **7**, 19–38 (Springer Netherlands, 2013).
10. Anderson, T. R. Bridging the Gap Bridging the Educational Research-Teaching Practice Gap: The power of Assessment. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **35**, 471–

- 477 (2007).
11. Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. R. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain*. (David McKay Company, 1956).
 12. Tyler, R. W., Gagné, R. M. & Scriven, R. *Perspectives of Curriculum Evaluation. Perspectives of curriculum evaluation* (Rand McNally, 1967). at <https://scholar.google.de/scholar?q=the+methodology+of+evaluation+scriven&btnG=&hl=de&as_sdt=0,5#0>
 13. Taras, M. Assessment - Summative and formative - Some theoretical reflections. *Br. J. Educ. Stud.* **53**, 466–478 (2005).
 14. Anderson, T. R. & Rogan, J. M. Bridging the educational research-teaching practice gap: Tools for evaluating the quality of assessment instruments. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **38**, 51–7 (2010).
 15. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. Guia de Elaboração e Revisão de Itens. **1**, 1–20 (2010).
 16. Bond, G. T. & Fox, M. C. *Applying the Rasch Model Fundamental Measurement in the Human Sciences*. (Lawrence Erlbaum Associates, 2007).
 17. Boone, W. J. & Scantlebury, K. The role of Rasch analysis when conducting science education research utilizing multiple-choice tests. *Sci. Educ.* **90**, 253–269 (2006).
 18. McLaughlin, J. E. *et al.* The Flipped Classroom. *Acad. Med.* **89**, 236–243 (2014).
 19. Pierce, R. & Fox, J. Vodcasts and active-learning exercises in a ‘flipped classroom’ model of a renal pharmacotherapy module. *Am. J. Pharm. Educ.* **76**, (2012).
 20. Fautch, M. J. The flipped classroom for teaching organic chemistry in small classes: is it effective? *Chem. Educ. Res. Pract.* **16**, 179–186 (2015).
 21. Martin, F. G. Will massive open online courses change how we teach? in *Communications of the ACM* **55**, 26 (2012).
 22. Strayer, J. F. The Flipped Classroom: Turning the Traditional Classroom on its Head. *Knewton website* (2011). at <<http://www.knewton.com/flipped-classroom/>>
 23. Tucker, B. The Flipped Classroom: Online instruction at home frees class time for learning. *Educ. Next* (2012).

24. Mazur, E. Can we teach computers to teach. *Comput. Phys.* **5**, 31–38 (1991).
25. Lage, M. J., Platt, G. J. & Treglia, M. Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *J. Econ. Educ.* **31**, 30–43 (2000).
26. Bergmann, J. & Sams, A. *Flip your classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. (International Society for Technology in Education, 2012).
27. Davies, R. S., Dean, D. L. & Ball, N. Flipping the classroom and instructional technology integration in a college-level information systems spreadsheet course. *Educ. Technol. Res. Dev.* **61**, 563–580 (2013).
28. Silva, T. & Galembeck, E. 3DClass: a virtual learning environment in a biochemistry classroom. *Med. Educ.* **48**, (2014).
29. Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives*. (Longman, 2001).
30. Khan, S. *The one world schoolhouse: Education reimaged*. (Hodder and Stoughton, 2012).
31. Schultz, D., Duffield, S., Rasmussen, S. C. & Wageman, J. Effects of the flipped classroom model on student performance for advanced placement high school chemistry students. *J. Chem. Educ.* **91**, 1334–1339 (2014).
32. Dede, C. Immersive interfaces for engagement and learning. *Science* **323**, 66–9 (2009).
33. Deterding, S. Gamification : Toward a Definition. in *CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings* 12–15 (2011).
34. Kleiman, G. M. *Brave new schools: How computers can change education*. (Reston, 1984).
35. Thornburg, D. D. Computers and Society: Some speculations on the well-played game. *Compute!* 12–16 (1981).
36. Northcutt, C. G., Ho, A. D. & Chuang, I. L. Detecting and preventing 'multiple-account' cheating in massive open online courses. *Comput. Educ.* **100**, 71–80 (2016).
37. Chapman, S. A., Goodman, S., Jawitz, J. & Deacon, A. A strategy for monitoring and evaluating massive open online courses. *Eval. Program Plann.* **57**, 55–63 (2016).
38. Cerezo, R., Sánchez-Santillán, M., Paule-Ruiz, M. P. & Núñez, J. C. Students' LMS interaction patterns and their relationship with achievement: A case study

- in higher education. *Comput. Educ.* **96**, 42–54 (2016).
39. You, J. W. Identifying significant indicators using LMS data to predict course achievement in online learning. *Internet High. Educ.* **29**, 23–30 (2016).
 40. Park, Y., Yu, J. H. & Jo, I. H. Clustering blended learning courses by online behavior data case study in a Korean higher education institute. *Internet High. Educ.* **29**, 1–11 (2016).
 41. Silva, T. & Galembeck, E. 3DClass: a virtual learning environment in a biochemistry classroom. *Med. Educ.* **48**, 1111–1112 (2014).
 42. Bradley, A. Z., Ulrich, S. M., Jones, M. & Jones, S. M. Teaching the Sophomore Organic Course without a Lecture. Are You Crazy? *J. Chem. Educ.* **79**, 514 (2002).
 43. Christiansen, M. A. Inverted teaching: Applying a new pedagogy to a university organic chemistry class. *J. Chem. Educ.* **91**, 1845–1850 (2014).
 44. Fulton, K. Upside down and inside out : Flip your classroom to improve student learning. *Learn. Lead. with Technol.* **39**, 12–17 (2012).
 45. Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O. & Getman, J. The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles. *Internet High. Educ.* **22**, 37–50 (2014).
 46. Smith, J. D. Student attitudes toward flipping the general chemistry classroom. *Chem. Educ. Res. Pr. Chem. Educ. Res. Pr.* **14**, 607–614 (2013).
 47. Teo, T. W., Tan, K. C. D., Yan, Y. K., Teo, Y. C. & Yeo, L. W. How flip teaching supports undergraduate chemistry laboratory learning. *Chem. Educ. Res. Pract.* **15**, 550–567 (2014).
 48. McLaughlin, J. E. *et al.* Pharmacy student engagement, performance, and perception in a flipped satellite classroom. *Am. J. Pharm. Educ.* **77**, (2013).
 49. Tune, J. D., Sturek, M. & Basile, D. P. Flipped classroom model improves graduate student performance in cardiovascular, respiratory, and renal physiology. *AJP Adv. Physiol. Educ.* **37**, 316–320 (2013).
 50. Baepler, P., Walker, J. D. & Driessen, M. It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. *Comput. Educ.* **78**, 227–236 (2014).
 51. Galembeck, E. & Takase, R. D. 3D Class : A gamified learning environment . *XI SBGames* 78–84 (2012).
 52. Entwistle, N. J. & Brennan, T. The Academic Performance of Students - 2.

- Types of Successful Students. *Br. J. Educ. Psychol.* **41**, 268–276 (1971).
53. Biggs, J. B. Individual and Group Differences in Study Processes. *Br. J. Educ. Psychol.* **48**, 266–279 (1978).
 54. Lee, O. & Brophy, J. Motivational patterns observed in Sixth-Grade science classrooms. *J. Res. Sci. Teach.* **33**, 303–318 (1996).
 55. Boor, K. *et al.* How undergraduate clinical learning climates differ: a multi-method case study. *Med. Educ.* **42**, 1029–1036 (2008).
 56. Biggs, J. Approaches to Learning in Secondary and Tertiary Students in Hong Kong: Some Comparative Studies. *Educ. Res. J.* **6**, 27–39 (1991).
 57. Ames, C. & Archer, J. Achievement goals in the classroom: Students' learning strategies and motivational processes. *J. Educ. Psychol.* **80**, 260–267 (1988).
 58. Biggs, J. B. Assessing student approaches to learning. *Aust. Psychol.* **23**, 197–206 (1988).
 59. Chin, C. & Brown, D. E. Learning in Science: A Comparison of Deep and Surface Approaches. *J. Res. Sci. Teach.* **37**, 109–138 (2000).
 60. Salim, S. R. Motivations, Learning, Approaches, and Strategies in Biochemistry Students at a Public University in Argentina. *Rev. Electrónica Investig. Educ.* **8**, 1–17 (2006).
 61. Biggs, J. B. The role of metalearning in study processes. *Br. J. Educ. Psychol.* **55**, 185–212 (1985).
 62. Schmeck, R. R. *Learning Strategies and Learning Styles*. (Springer Science + Business Media, LCC, 1988).
 63. Marton, B. Y. F. & Säljö, R. On qualitative differences in learning: I -Outcome and Process. *Br. J. Educ. Psychol.* **46**, 4–11 (1976).
 64. Biggs, J. Individual Differences in Study Processes and the Quality of Learning Outcomes. *High. Educ.* **8**, 381–394 (1979).
 65. ENTWISTLE, N. & WATERSTON, S. Approaches To Studying and Levels of Processing in University Students. *Br. J. Educ. Psychol.* **58**, 258–265 (1988).
 66. Watkins, D. Depth of processing and the quality of learning outcomes. *Instr. Sci.* **12**, 49–58 (1983).
 67. SPETH, C. & BROWN, R. Study Approaches, Processes and Strategies: Are Three Perspectives Better Than One? *Br. J. Educ. Psychol.* **58**, 247–257 (1988).
 68. Zhang, L. F. & Sternberg, R. J. A threefold model of intellectual styles. *Educ.*

- Psychol. Rev.* **17**, 1–53 (2005).
69. Entwistle, N., Hanley, M. & Hounsell, D. Identifying Distinctive Approaches to Studying. *High. Educ.* **8**, 365–380 (2017).
 70. Svensson, L. On Qualitative Differences in Learning: III - Study Skill and Learning. *Br. J. Educ. Psychol.* **47**, 233–243 (1977).
 71. Stefanou, C. R., Perencevich, K. C., DiCintio, M. & Turner, J. C. Supporting Autonomy in the Classroom: Ways Teachers Encourage Student Decision Making and Ownership. *Educ. Psychol.* **39**, 97–110 (2004).
 72. Wu, J. Mutation-Based Learning to Improve Student Autonomy and Scientific Inquiry Skills in a Large Genetics Laboratory Course. *CBE - Life Sci. Educ.* **12**, 460–470 (2013).
 73. Meece, J. L., Blumenfeld, P. C. & Hoyle, R. H. Students' goal orientations and cognitive engagement in classroom activities. *J. Educ. Psychol.* **80**, 514–523 (1988).
 74. Nolen, S. B. & Haladyna, T. M. Personal and environmental influences on students' beliefs about effective study strategies. *Contemp. Educ. Psychol.* **15**, 116–130 (1990).
 75. Nicholls, J. G. Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice, and performance. *Psychol. Rev.* **91**, 328–346 (1984).
 76. Yin, R. K. The Case Study Crisis : Some Answers. *Administrative Sci. Q.* **26**, 58–65 (1981).
 77. Cavaye, A. L. M. Case study research: a multifaceted research approach for IS. *Inf. Syst. J.* **6**, 227–242 (1996).
 78. Eisenhardt, K. M. Building Theories from Case Study Research. *Acad. Manag. Rev.* **14**, 532 (1989).
 79. Darke, P., Shanks, G. & Broadbent, M. Successfully completing case study research: combining rigour, relevance and pragmatism. *Inf. Syst. J.* **8**, 273–289 (1998).
 80. Rossi-Rodrigues, B. C. & Galembeck, E. Sistematização e Avaliação de Aulas Práticas de Bioquímica Sob Uma Abordagem Investigativa. (University of Campinas, 2010).
 81. Silva, T. & Galembeck, E. An inquiry-based freshman biochemistry lab set to enhance students' autonomy. *Quim. Nova* **40**, (2017).
 82. Silva, T. & Galembeck, E. Developing and supporting students' autonomy to

- plan, perform, and interpret inquiry-based biochemistry experiments. *J. Chem. Educ.* **94**, 52–60 (2017).
83. Bardin, L. *Análise de Conteúdo*. (Edições 70, 2004).
 84. Silva, T., Takase, R. D., Galembeck, E., Pelaez, N. & Anderson, T. R. Development of a Game-Based-Learning App for exposing students to chemistry and life science as a research endeavor. in *Experimental Biology 2013* (2013).
 85. Nelson, D. L. & Cox, M. M. *Lehninger Príncipios de Bioquímica*. (2010).
 86. Smith, M. K., Wood, W. B. & Knight, J. K. The Genetics Concept Assessment: a new concept inventory for gauging student understanding of genetics. *CBE Life Sci. Educ.* **7**, 422–30 (2008).
 87. Deane, T., Nomme, K., Jeffery, E., Pollock, C. & Birol, G. Development of the Biological Experimental Design Concept Inventory (BEDCI). *Cell Biol. Educ.* **13**, 540–551 (2014).
 88. González-Montesinos, M. J. El Análisis de Reactivos con el Modelo Rasch. (2008). at <<http://www.winsteps.com/a/recursos-offline.pdf>>
 89. Tennant, A., McKenna, S. P. & Hagell, P. Application of Rasch analysis in the development and application of quality of life instruments. *Value Heal.* **7**, S22–S26 (2004).
 90. Boone, W. J., Yale, M. S. & Staver, J. R. *Rasch Analysis in the Human Sciences*. *Rasch Analysis in the Human Sciences* (2014). doi:10.1007/978-94-007-6857-4
 91. Linacre, J. M. Rasch-Model Computer Programs ©. *Electronic Publication* (1991). at <www.winsteps.com>
 92. Linacre, J. M. A User's Guide to Winsteps Ministeps: Rasch-Model Computer Programs. *Electronic Publication* (2006). at <www.winsteps.com>
 93. MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. in *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics* 281–297 (University of California Press, 1967). at <<http://projecteuclid.org/euclid.bsm/1200512992>>
 94. Hartigan, J. A. & Wong, M. A. A K-Means Clustering Algorithm. *J. R. Stat. Soc.* **28**, 100–108 (1979).
 95. Lloyd, S. P. Least Squares Quantization in PCM. *IEEE Trans. Inf. Theory* **28**,

- 129–137 (1982).
96. K-means Clustering. *R Documentation* at <<https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/kmeans.html>>
 97. Cattell, R. B. & Coulter, M. A. Principles of Behavioural Taxonomy and the Mathematical Basis of the Taxonome Computer Program. *Br. J. Math. Stat. Psychol.* **19**, 237–269 (1966).
 98. Jacoby, W. G. *Statistical Graphics for Visualizing Multivariate Data*. (Sage Publications, 1998).
 99. Ketchen, D. & Shook, C. The application of cluster analysis in strategic management research: An analysis and critique. *Strateg. Manag. J.* **17**, 441–458 (1996).
 100. Tibshirani, R., Walther, G. & Hastie, T. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)* **63**, 411–423 (2001).
 101. Creswell, J. W. *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. (Pearson Education, Inc, 2012).
 102. Normando, D., Tjäderhane, L. & Quintão, C. C. A. A Escolha do Teste Estatístico - Um Tutorial em Forma de Apresentação em PowerPoint. *Dental Press J. Orthod.* **15**, 101–106 (2010).
 103. Kruskal, W. H. & Wallis, W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *J. Am. Stat. Assoc.* **47**, 583–621 (1952).
 104. Dunn, O. J. Multiple Comparisons Using Rank Sums. *Technometrics* **6**, 241–252 (1964).
 105. Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* **52**, 591–611 (1965).
 106. Schönborn, K. J. & Anderson, T. R. A Model of Factors Determining Students' Ability to Interpret External Representations in Biochemistry. *Int. J. Sci. Educ.* **31**, 193–232 (2009).
 107. Schönborn, K. J. & Anderson, T. R. The importance of visual literacy in the education of biochemists*. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **34**, 94–102 (2006).
 108. Rossum, E. J. & Schenk, S. M. the Relationship Between Learning Conception, Study Strategy and Learning Outcome. *Br. J. Educ. Psychol.* **54**, 73–83 (1984).
 109. Gijbels, D., Van de Watering, G., Dochy, F. & Van den Bossche, P. The Relationship Between Students' Approaches to Learning and the Assessment

- of Learning Outcomes. *Eur. J. Psychol. Educ.* **20**, 327 (2005).
110. Wilson, K. L., Wilson, K. & Fowler, J. Assessing the Impact of Learning Environments on Students' Approaches to Learning: Comparing Conventional and Action. *Assess. Eval. High. Educ.* **30**, 87–101 (2005).
 111. Lizzio, A. & Wilson, K. Action Learning in Higher Education: An Investigation of its Potential to Develop Professional Capability. *Stud. High. Educ.* **29**, 469–488 (2004).
 112. Gijbels, D., Coertjens, L., Vanthournout, G., Struyf, E. & Van, P. Changing Students' Approaches to Learning: A Two - Year Study Within a University Teacher Training cCurse. *Educ. Stud.* **35**, 503–513 (2017).
 113. Kyndt, E., Dochy, F., Struyven, K. & Cascallar, E. The direct and indirect effect of motivation for learning on students' approaches to learning through the perceptions of workload and task complexity. *High. Educ. Res. Dev.* **30**, 135–150 (2011).

ANEXOS

Anexo 1

Banco de Questões do 3DClass (2015).

Sistemas Tampão

1. *Memorizar conhecimento do conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.*

1.1. Qual alternativa representa corretamente um fator que determina a eficiência de um Sistema Tampão?

- a) A eficiência de um sistema tampão está restrita a faixa de pH dentro da qual o tampão é capaz de compensar as adições de ácido ou base
- b) A eficiência de um tampão é proporcional a sua concentração e mínima no valor de pH igual ao pKa
- c) A eficiência de um tampão é proporcional a sua concentração e máxima no valor de pH igual ao pKa+1
- d) A eficiência de um tampão é proporcional a sua concentração e máxima no valor de pH igual ao pKa-1

1.2. Em termos de dissociação, ácidos como o ácido acético são caracterizados em termos de força ácida por:

- a) Sua constante de dissociação, Ka
- b) Pela sua concentração
- c) Pelo co-logaritmo da sua constante de dissociação, Ka
- d) Pelo seu pH

1.3. Em um Sistema Tampão, o que representa o valor de pKa?

- a) O valor de pH em que o tampão tem sua eficiência máxima
- b) O valor de pH em que o tampão tem sua eficiência mínima
- c) A constante de dissociação do ácido utilizado no tampão
- d) O logaritmo da constante de dissociação do ácido utilizado no tampão

1.4. Os Sistemas Tampão são constituídos por:

- a) Um ácido fraco e sua base conjugada
- b) Um ácido forte e sua base conjugada
- c) Um ácido fraco qualquer
- d) Uma base qualquer

1.5. O ânion resultante da dissociação de um ácido fraco é denominado:

- a) Base conjugada
- b) Ácido conjugado
- c) Ácido fraco
- d) Base fraca

1.6. A equação de Henderson-Hasselbalch:

- a) Relaciona o pH de uma solução com o pKa e a concentração de ácidos e base conjugadas.
- b) Permite a determinação gráfica da massa molecular de um ácido fraco a partir de seu pH.
- c) Não explica o comportamento de um ácido fraco di- ou tri-básico.
- d) Emprega o mesmo valor de pKa para todos ácidos fracos.

1.7. Se você dissolver a mesma quantidade dos ácidos A ($K_a = 6,3 \times 10^{-4}$), B ($K_a = 5,6 \times 10^{-4}$), C ($K_a = 1,86 \times 10^{-4}$), e D ($K_a = 4,06 \times 10^{-8}$) em volumes iguais de água, qual solução deve ter o menor pH?

- a) Solução A
- b) Solução B
- c) Solução D
- d) Solução C

2. *Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.*

2.1. Qual o valor do pH de uma solução diluída que contém a razão molar entre o acetato de potássio e o ácido acético de 2:1? pKa=4,76

- a) 5,06

- b) 4,46
- c) 5,76
- d) 4,76

2.2. Qual o valor do pH de uma solução tampão composta por ácido acético 1M e acetato 0,1M? ($pK_a = 4,7$)

- a) $pH = 3,7$
- b) $pH = 4,7$
- c) $pH = 5,7$
- d) $pH = 6,7$

2.3. Qual é o pH de uma solução de 0,1M de um ácido fraco ($pK_a = 4,7$), em solução aquosa contendo sua base conjugada em concentração de 0,1M?

- a) $pH = 4,7$
- b) $pH = 5,7$
- c) $pH = 3,7$
- d) $pH = 2,7$

2.4. São adicionados 30 mL de HCl 1,0 M em 100 mL de uma solução 1,0 M de um composto de $pK_a 7,4$ em $pH 8,0$. A solução resultante terá pH igual a:

- a) 7,4
- b) 6,5
- c) 6,8
- d) 7,2

2.5. Qual o valor do pH teórico de uma solução tampão contendo 500 mL de NaH_2PO_4 0,100M e $NaHPO_4$ 0,150 M? Dados: $pK_{a1} = 2,12$ $pK_{a2} = 7,21$ $pK_{a3} = 12,68$

- a) $pH = 7,39$
- b) $pH = 6,91$
- c) $pH = 5,0$
- d) $pH = 7,03$

2.6. Qual das afirmações abaixo sobre sistemas tampão são verdadeiras?

- a) Quando $pH = pK_a$, as concentrações de sal e ácido fraco são iguais no tampão.
- b) Um tampão composto por um ácido fraco de $pK_a = 5$ é mais forte em $pH 4$ que em $pH 6$.
- c) Em valores de pH menores que pK_a , a concentração de de sal é maior que a de ácido.
- d) O pH de uma solução tampão permanece constante independente da quantidade de ácido e base adicionados à solução.

2.7. O ácido cítrico é um ácido fraco encontrado nos sucos de limão e de laranja. Quantos valores de K_a apresenta este ácido poliprótico?

- a) 3
- b) 1
- c) 4
- d) 2

3. *Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.*

3.1. Em uma solução tampão hipotética de $pH = 7,7$, qual a relação de concentração entre as espécies doadoras eceptoras de prótons? (pK_a da solução: 4,7)

- a) 1000
- b) 100
- c) 10
- d) 1

3.2. Você quer manter o pH 7,0 em uma reação catalisada por uma enzima que irá produzir íons de hidrogênio juntamente com o produto desejado. Em concentrações iguais, qual ácido fraco, se for o caso, servirá de melhor tampão para a reação: Ácido A, com $pK_a = 6,5$ ou Ácido B, com $pK_a = 7,5$?

- a) Ácido A
- b) Ácido B
- c) Ambos são igualmente efetivos
- d) Nenhum dos ácidos são efetivos

3.3. Utilizando a equação de Henderson-Hasselbach, qual é a relação entre o pH e o pK_a de uma solução tampão na qual a relação ácido fraco/base conjugada é 1:1?

- a) $pH = pK_a$
- b) $pH > pK_a$
- c) $pH < pK_a$
- d) $pK_a = 0$

3.4. Dada uma solução tampão contendo 500 mL de NaH_2PO_4 0,100M e $NaHPO_4$ 0,150 M. Qual o valor do pH teórico resultante da adição de 0,8 mL de NaOH 1M em 150 mL de tampão? Dados: $pK_{a1} = 2,12$ $pK_{a2} = 7,21$ $pK_{a3} = 12,68$

- a) $pH = 7,43$

- b) pH = 7,00
 c) pH = 7,21
 d) pH = 7,06

3.5. Dada uma solução tampão contendo 500 mL de NaHCO_3 0,250M e Na_2CO_3 0,250 M. Qual será o valor do pH teórico resultante da adição de 8 mL de HCl 1M em 50 mL de tampão? Dados: $\text{pK}_{a1} = 6,37$ $\text{pK}_{a2} = 10,25$
 pH = 9,59
 pH = 6,79
 pH = 10,91
 pH = 5,71

3.6. A titulação da valina por uma base forte, como por exemplo NaOH, revela dois $\text{pK}'\text{s}$. A reação de titulação que ocorre no pK_2 ($\text{pK}_2 = 9,62$) é:

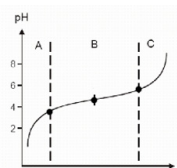
- a) $-\text{NH}_3^+ + \text{OH}^- \rightarrow -\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
 b) $-\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow -\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$.
 c) $-\text{COO}^- + -\text{NH}_2^+ \rightarrow -\text{COOH} + -\text{NH}_2$.
 d) $-\text{NH}_2 + \text{OH}^- \rightarrow -\text{NH}^- + \text{H}_2\text{O}$.

3.7. Sabe-se que a razão entre $[\text{HCO}_3^-]$ e pCO_2 determina o pH do tampão bicarbonato no plasma sanguíneo. Quando administramos uma solução de bicarbonato via intravenosa, o que acontece com essa relação e qual sua consequência no pH do sangue?

- a) $[\text{HCO}_3^-]$ aumenta sem que haja mudança no pCO_2 , aumentando o pH do sangue.
 b) $[\text{HCO}_3^-]$ diminui sem que haja mudança no pCO_2 , aumentando o pH do sangue.
 c) $[\text{HCO}_3^-]$, pCO_2 e o pH do sangue aumentam concomitantemente
 d) $[\text{HCO}_3^-]$, pCO_2 e o pH do sangue diminuem concomitantemente

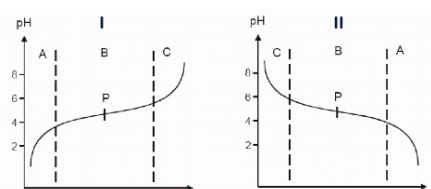
4. *Descodificar a linguagem simbólica que compõe uma RE*

4.1. No gráfico de titulação abaixo, o que representa os pontos A, B e C respectivamente?



- a) $\text{pK}_a - 1$, pK_a e $\text{pK}_a + 1$
 b) $\text{pK}_a + 1$, $\text{pK}_a - 1$ e pK_a
 c) $\text{pK}_a + 1$, pK_a e $\text{pK}_a - 1$
 d) $\text{pK}_a - 1$, pI e $\text{pK}_a + 1$

4.2. Dadas as curvas abaixo, qual representa a curva de titulação com ácido e qual representa a curva de titulação com base?



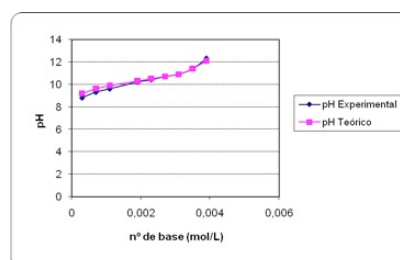
- a) I base e II ácido
 b) I ácido e II base
 c) Os dois gráficos são referentes a titulação com base
 d) Os dois gráficos são referentes a titulação com ácido

4.3. Quais números abaixo representam todas as etapas de ionização do tampão fosfato em água?

- I) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$
 II) $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
 III) $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_3\text{O}^+$

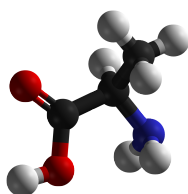
- a) I, II e III
 b) I e II
 c) II e III
 d) I e III

4.4. Nas curvas de titulação abaixo, como poderia ser justificada a discrepância entre os valores obtidos na simulação e na titulação experimental?

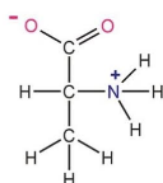


- a) A concentração do ácido usado na titulação foi maior do que a usada na simulação.
- b) A concentração do ácido usado na titulação foi menor do que a usada na simulação.
- c) A concentração da base usada na titulação foi menor do que a usada na simulação.
- d) A concentração da base usada na titulação foi maior do que a usada na simulação.

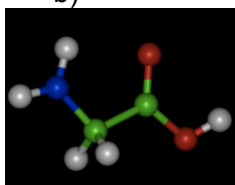
4.5. Qual das alternativas mais se assemelha à molécula mostrada abaixo?



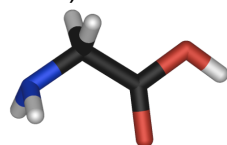
a)



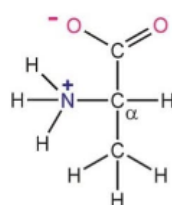
b)



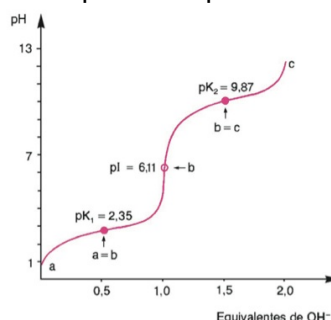
c)



d)

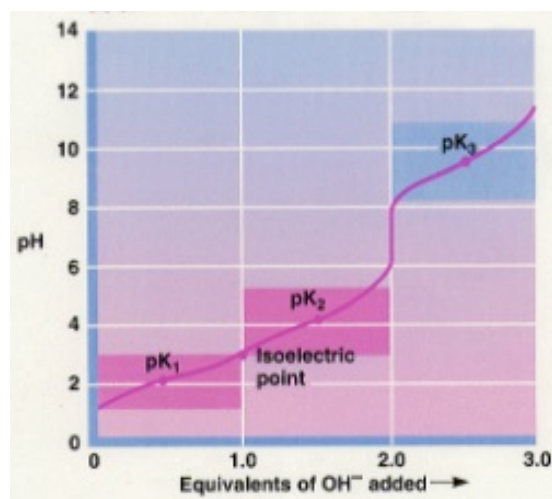


4.6. A curva de titulação mostrada abaixo corresponde a qual molécula?



- a) Alanina
- b) Histidina
- c) Ácido glutâmico
- d) Lisina

4.7. A curva de titulação mostrada abaixo corresponde a qual molécula?



- a) Ácido glutâmico
- b) Alanina
- c) Glicina
- d) Lisina

Aminoácidos e Proteínas

1. *Memorizar conhecimento do conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.*

1.1. Existem 20 aminoácidos capazes de sintetizar proteínas. Sabendo disto, quantas proteínas diferentes podem ser formadas?

- a) Teoricamente, infinitas proteínas
- b) 20 proteínas
- c) $2,4 \times 10^{18}$ proteínas
- d) 40 proteínas

1.2. Como os aminoácidos são diferenciados entre si?

- a) Pela cadeia lateral
- b) Pelo carbono alfa
- c) Pelo átomo de hidrogênio
- d) Pelo grupo carboxila

1.3. Os aminoácidos que apresentam grupo R hidrofílicos são chamados aminoácidos

- a) Polares
- b) Apolares
- c) Básicos
- d) Ácidos

1.4. Qual dos aminoácidos abaixo é considerado um aminoácido apolar

- a) Leucina
- b) Aspartato
- c) Glutamato
- d) Serina

1.5. O carbono alfa de todos os aminoácidos é assimétrico, uma vez que está ligado a quatro grupos diferentes. Com exceção do aminoácido:

- a) Glicina
- b) Alanina
- c) Fenilalanina
- d) Cisteína

1.6. Qual das alternativas abaixo não corresponde a uma característica do carbono α dos aminoácidos?

- a) É assimétrico (com exceção da Glicina)
- b) Não é assimétrico (com exceção da Alanina)
- c) É ligado à quatro grupos químicos diferentes.

d) Confere isômeros D e L aos aminoácidos que o possuem

1.7. A Prolina, diferente de todos os aminoácidos encontrados em proteínas contém um grupo:

- a) imino
- b) carbonila
- c) carboxila
- d) ester

2. *Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.*

2.1. A formação de uma ligação peptídica entre dois aminoácidos é um exemplo de reação de _____.

- a) condensação
- b) clivagem
- c) isomerização
- d) oxirredução

2.2. Os polipeptídeos: Lys-Asp-Glu e Leu-Ala-Phe foram misturados a uma solução contendo água e óleo sob agitação. Após o término da agitação os peptídeos se distribuíram entre as duas fases da solução. Assinale a alternativa que corresponde a distribuição correta destes peptídeos.

- a) Óleo: Leu-Ala-Phe; Água: Lys-Asp-Glu
- b) Óleo: Lys-Asp-Glu; Água: Leu-Ala-Phe
- c) Ambos os peptídeos estarão nas duas fases da solução
- d) Nenhum dos peptídeos serão encontrados nas duas fases da solução

2.3. O _____ peptídeo alanil**glutam**ilglicilalanilleucina tem:

- a) Quatro ligações peptídicas
- b) Uma ponte dissulfeto.
- c) Ausência de grupos carboxila livres.
- d) Dois grupos amino livres.

2.4. Qual dos seguintes aminoácidos apresenta, na sua cadeia lateral, um grupo ionizável com pK mais aproximado do pH fisiológico?

- a) Histidina
- b) Ácido Glutâmico
- c) Cisteína
- d) Glutamina

2.5. Qual dos seguintes aminoácidos apresenta carga positiva líquida em pH fisiológico?

- a) Histidina
- b) Glutamina
- c) Asparagina
- d) Alanina

2.6. Dos 20 aminoácidos padrão, apenas _____ não é opticamente ativo. A razão é porque sua cadeia lateral _____.

- a) glicina; é um átomo de hidrogênio
- b) alanina; é um grupo metil simples
- c) lisina; contém apenas nitrogênio
- d) prolina; forma uma ligação covalente com o grupo amino

2.7. Em uma solução altamente básica, pH = 13, a forma dominante da Alanina é:

- a) $\text{NH}_2\text{—CH}_3\text{—COO}^-$
- b) $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$
- c) $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COO}^-$
- d) $\text{NH}_3^+\text{—CH}_2\text{—COOH}$

3. *Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.*

3.1. Uma mutação pontual que troca o Ácido glutâmico por Valina altera os níveis estruturais da hemoglobina ocasionando a anemia falciforme. Qual dos aminoácidos abaixo poderia substituir a Valina e ocasionaria menor efeito sob a hemoglobina?

- a) Asp
- b) Trp
- c) Gln
- d) Ile

3.2. No pH isoeletrico de um tetrapeptídeo:

- a) A carga líquida total é zero
- b) Apenas os terminais amino e carboxila contribuem com a carga
- c) Os terminais amino e carboxila não são carregados
- d) Há quatro cargas iônicas

3.3. Quantas ligações peptídicas são formadas entre 6 aminoácidos e quantas moléculas de água são liberadas?

- a) 5 e 5
- b) 4 e 5

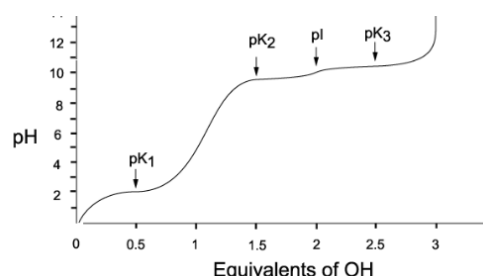
c) 4 e 4

d) 5 e 4

3.4. Quantos pKas apresenta um aminoácido que possui o grupo R ionizável?

- a) 3
- b) 2
- c) 1
- d) 4

3.5. Levando em consideração a curva de titulação do aminoácido abaixo, qual será sua carga líquida quando a adição de base ocasionar uma mudança de pH que ultrapassa o valor do pK_3 ?



- a) -1
- b) -2
- c) 0
- d) 1

3.6. Um octapeptídeo composto por quatro repetições de unidades **glicilalanil** tem:

- a) Um grupo amina livre no resíduo glicil e um grupo carboxila livre no resíduo alanil.
- b) Um grupo amino livre no resíduo alanil e um grupo carboxila livre no resíduo glicil.
- c) Dois grupos amina livres e dois grupos carboxila livres.
- d) Dois grupos carboxila livres, ambos no resíduo glicil.

3.7. O peso molecular médio dos 20 aminoácidos conhecidos é 138, mas bioquímicos usam 110 quando estimam o número de aminoácidos em uma proteína de peso molecular conhecido. Por que?

- a) O número 110 reflete a alta proporção de pequenos aminoácidos em proteínas, assim como a perda de água quando a ligação peptídica se forma.

- b) O número 110 é baseado no fato do peso molecular médio de uma proteína ser 110000, com uma média de 1000 aminoácidos.
- c) O número 110 reflete o número de aminoácidos encontrados em uma proteína pequena típica e apenas pequenas proteínas tem seu peso molecular estimado dessa maneira.
- d) O número 110 leva em consideração o relativo tamanho pequeno de aminoácidos não-padrão.

4. Descodificar a linguagem simbólica que compõe uma RE

4.1. Qual número representa a ligação peptídica na molécula abaixo?

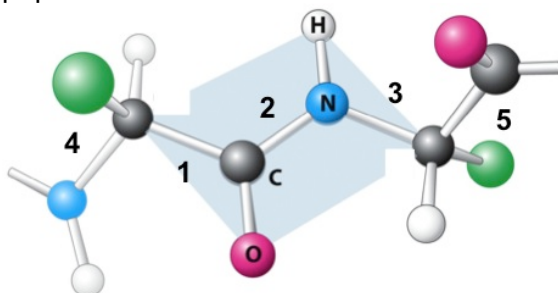
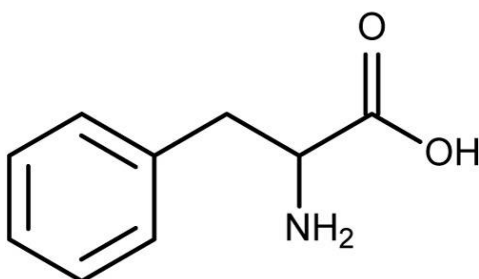


Figure 2.18
Biochemistry, Seventh Edition
© 2012 W. H. Freeman and Company

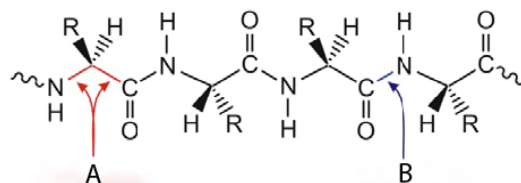
- a) 2
b) 1
c) 3
d) 4

4.2. Quantas duplas ligações estão presentes no tripeptídeo, Phe-Phe-Phe? A estrutura da Fenilalanina é mostrada abaixo.



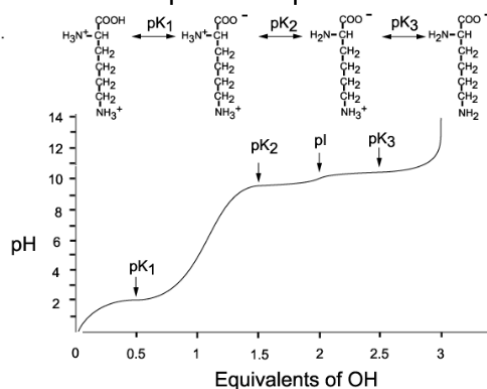
- a) 12
b) 6
c) 9
d) 3

4.3. De acordo com a imagem abaixo, pode ocorrer com os pontos A e B, respectivamente:



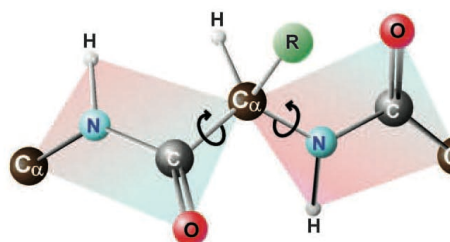
- a) Rotação das ligações indicadas A e grupo peptídico em B
- b) Grupo peptídico em A e rotação da ligação indicada em B
- c) Rotação das ligações indicadas em A e do grupo peptídico B
- d) Ausência de rotação em torno do carbono alfa em A e B

4.4. A curva de titulação mostrada abaixo corresponde a qual molécula?



- a) Lisina
b) Alanina
c) Ácido glutâmico
d) Leucina

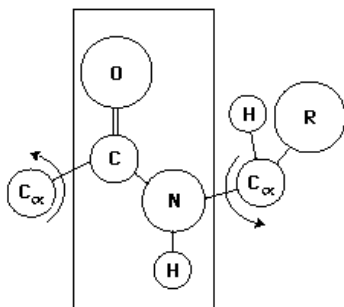
4.5. De acordo com a simbologia utilizada em bioquímica e seus conhecimentos a respeito das ligações entre aminoácidos, quantos peptídeos há na imagem abaixo?



- a) 1
b) 4
c) 2
d) 5

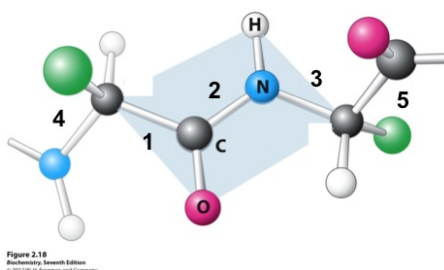
4.6. Na imagem abaixo, o retângulo

desenhado atrás da ligação peptídica indica:



- Ausência de rotação em torno da ligação C-N devido sua característica de dupla ligação parcial.
- Plano de rotação em torno da ligação C_α-N.
- Região da ligação peptídica que contribui para o gráfico de Ramachandran
- Espaço teórico entre -180 e +180 graus que podem ser ocupados pelos ângulos φ e ψ na ligação peptídica.

4.7. Na imagem abaixo, as bolas verdes representam o(a):



- Grupo R
- Carboxila
- Carbono alfa
- Amina

1. Memorizar conhecimento do conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.

1.1. Todas as afirmações abaixo, sobre a alfa-hélice, são verdadeiras, exceto:

- Suas pontes de hidrogênio conferem pouca estabilidade às estruturas.
- Ela é estabilizada por pontes de hidrogênio intramoleculares.
- As cadeias laterais dos aminoácidos não participam de sua estrutura
- Muitas vezes independe do tipo de cadeia lateral dos aminoácidos

1.2. Em um mesmo pH, proteínas apresentam diferentes cargas líquidas, o que pode determinar diferentes deslocamentos quando submetidas a um campo elétrico. Qual das técnicas abaixo está fundamentada nesta propriedade para separação de proteínas?

- Eletroforese
- Cromatografia em papel
- Cromatografia de troca iônica
- Cromatografia de exclusão

1.3. Quando cozinhamos um ovo, a cor branca indica que houve a desnaturação das proteínas da clara. Entretanto, apesar de retirada as condições desnaturantes a clara não volta a sua cor anterior (transparente). Este fato revela o seguinte aspecto a respeito das alterações estruturais em proteínas:

- A desnaturação pode ser irreversível
- A desnaturação é invariavelmente irreversível
- A desnaturação é sempre reversível
- A desnaturação pode ser reversível

1.4. Qual o fator crucial na definição da forma final de uma proteína:

- Sua sequência de aminoácidos
- Sua estrutura secundária
- Sua estrutura terciária
- Sua estrutura quaternária

1.5. A hemoglobina é uma proteína que apresenta 4 cadeias polipeptídicas associadas. Dada esta característica, pode-se dizer que:

- Apresenta estrutura quaternária
- Apresenta apenas estrutura terciária
- Apresenta apenas estrutura secundária
- Apresenta apenas estrutura primária

1.6. Qual dos itens a seguir corresponde a um arranjo estável de resíduos de aminoácidos que dá origem a padrões tridimensionais recorrentes em proteínas?

- Estrutura Secundária
- Estrutura Primária
- Estrutura Terciária
- Estrutura Quaternária

1.7. Proteínas frequentemente tem

regiões que podem dobrar e funcionar como porções independentes da proteína. Essas regiões são chamadas:

- a) Domínios
- b) Oligômeros
- c) Peptídeos
- d) Subunidades

2. *Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.*

2.1. Certas sequências de aminoácidos não podem se organizar em alfa-hélice. Isso ocorre porque:

- a) Quando a cadeia polipeptídica contém vários aminoácidos de mesma carga eles se repelem fortemente impedindo a formação da estrutura em alfa-hélice.
- b) Quando a cadeia polipeptídica contém vários aminoácidos de mesma carga eles se atraem fortemente impedindo a formação da estrutura em alfa-hélice.
- c) Quando a cadeia polipeptídica contém vários aminoácidos de cargas diferentes eles se atraem tão fortemente que se torna impossível a formação de qualquer estrutura.
- d) Quando a cadeia polipeptídica contém vários aminoácidos de cargas diferentes eles se repelem tão fortemente que se torna impossível a formação de qualquer estrutura.

2.2. Poliglutamato é um peptídeo sintético que consiste de vários resíduos de glutamato (= ácido glutâmico). Normalmente o poliglutamato não forma estrutura em alfa-hélice em solução, porém isso pode ser observado na seguinte condição:

- a) Em solução fortemente ácida
- b) Em solvente apolar
- c) Em solução levemente básica
- d) Em solução em pH = 7

2.3. O ponto isoelétrico da Pepsina é 1. Sabendo disso, quando submetida a eletroforese, no pl a Pepsina irá:

- a) Permanecerá imóvel, não migrando no campo elétrico.
- b) Se deslocar por um espaço maior no campo elétrico.

- c) Se deslocar, mas em curto espaço no campo elétrico
- d) Se comportar como uma molécula básica

2.4. Sabendo que a carga líquida de uma proteína influencia a sua solubilidade, pode-se dizer que proteínas que estão em seus pontos isoelétricos:

- a) Tem sua solubilidade diminuída
- b) Tem sua solubilidade aumentada
- c) Não mudam sua solubilidade
- d) Se tornam obrigatoriamente insolúveis

2.5. Os peptídeos Ser-Lys-Ala e Ala-Lys-Ser são considerados:

- a) Diferentes, porque no primeiro caso o é o grupo amino da serina que está livre e no segundo caso é o da alanina
- b) Diferentes, porque no primeiro caso o é o grupo carboxila da serina que está livre e no segundo caso é o da alanina
- c) Iguais, porque no primeiro e no segundo caso o são os grupos amino da serina que estão livres
- d) Iguais, porque no primeiro e no segundo caso o são os grupos carboxila da serina que estão livres

2.6. O Monóxido de Carbono (CO) é tóxico para seres humanos porque:

- a) Se liga ao Fe na hemoglobina e impede a ligação do O₂
- b) É rapidamente convertido em O₂ tóxico.
- c) Se liga à porção globina da hemoglobina e impede a ligação do O₂.
- d) Se liga à hemoglobina e causa o desligamento do grupo heme.

2.7. Qual situação das listadas a seguir é menos provável de resultar em desnaturação de uma proteína em solução?

- a) Mudar a concentração de sal da solução
- b) Alterando a carga da solução pela mudança de seu pH
- c) Rompimento de ligações fracas da proteína por fervura
- d) Expondo a proteína a detergentes

3. *Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.*

3.1. Qual o nível de estrutura proteica você esperaria encontrar intacta em ovos cozidos?

- a) Somente primária
- b) Primária e secundária
- c) Primária, secundária e terciária
- d) Terciária e secundária

3.2. Que nível estrutural é mantido quando proteínas são desnaturadas?

- a) Estrutura primária
- b) Estrutura secundária
- c) Estrutura terciária
- d) Estrutura quaternária

3.3. A osteogênese imperfeita é caracterizada pela formação anormal dos ossos em bebês. Dada a importância e a estreita relação entre a estrutura e a função de uma proteína, podemos dizer que tal síndrome pode ser ocasionada pela:

- a) Simples substituição de um único resíduo de aminoácido, causando um efeito deletério na estrutura helicoidal única do colágeno, ocasionando sua perda de função
- b) Simples substituição de um único resíduo de aminoácido, entretanto não causando efeito na estrutura helicoidal do colágeno, que mantém sua função
- c) Substituição de mais um aminoácido, o que causaria um efeito deletério na estrutura helicoidal única do colágeno, ocasionando sua perda de função
- d) Substituição de mais um aminoácido, o que causaria um efeito deletério na estrutura helicoidal única do colágeno, entretanto não ocasionando sua perda de função

3.4. Qual nível de estrutura proteica é mais afetada pela mutação na anemia falciforme?

Estrutura Primária

- a) Estrutura Terciária
- b) Estrutura Secundária
- c) A estrutura não é afetada

3.5. Em pacientes com diabetes, a hemoglobina pode associar-se com a glicose formando a hemoglobina glicosilada (HbA1c). É condição para que haja essa associação:

- a) Um aumento exagerado de glicose no sangue
- b) Um ligeiro aumento de glicose no sangue
- c) Uma ligeira diminuição na glicose do sangue
- d) Uma diminuição exagerada da glicose no sangue

3.6. As diferenças funcionais, assim como as diferenças nas estruturas tridimensionais entre dois tipos diferentes de enzimas de *E. Coli* resultam diretamente de suas diferentes:

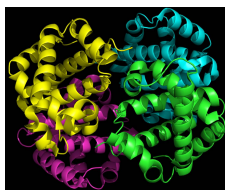
- a) Sequências de aminoácidos
- b) Estruturas secundária
- c) Funções no metabolismo de DNA
- d) Funções no metabolismo da *E. coli*

3.7. O primeiro passo em um gel bidimensional de eletroforese gera uma série de bandas de proteína pelo seu ponto isoelétrico. Em um segundo passo, esse gel é girado 90° e colocado em outro gel contendo SDS e outra carga elétrica é aplicada. Nesse segundo passo:

- a) Proteínas com ponto isoelétrico similar se tornam ainda mais separadas de acordo com seus pesos moleculares
- b) As bandas individuais ficam manchadas de maneira que os pontos isoelétricos podem ser visualizados
- c) As bandas individuais se tornam visíveis pela interação com anticorpos no segundo gel
- d) As proteínas nas bandas se separam mais completamente, porque a segunda carga elétrica aplica é o oposto da primeira

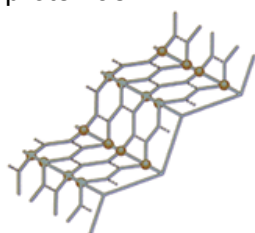
4. *Descodificar a linguagem simbólica que compõe uma RE*

4.1. Qual é o maior nível de estrutura proteica representada no seguinte diagrama?



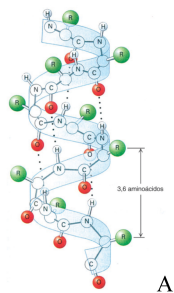
- a) Estrutura Quaternária
- b) Estrutura Terciária
- c) Estrutura Secundária
- d) Estrutura Primária

4.2. A imagem abaixo representa a estrutura da seda. Qual estrutura secundária está presente em suas proteínas?



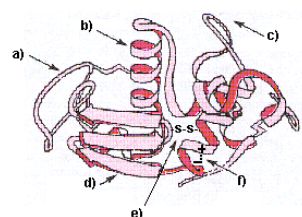
- a) Folha Beta
- b) Alfa-hélice
- c) Pontes dissulfeto
- d) Pontes de hidrogênio

4.3. A figura abaixo representa:



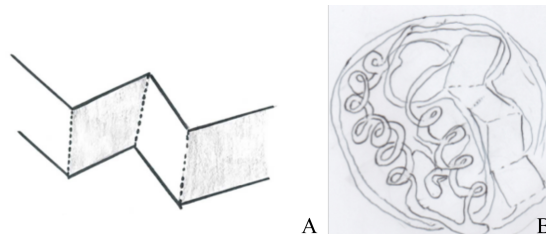
- a) A estrutura em alfa-hélice
- b) A estrutura folha beta pregueada
- c) A dupla hélice de DNA
- d) A estrutura terciária de uma proteína

4.4. Em qual nível estrutural encontra-se a proteína abaixo?



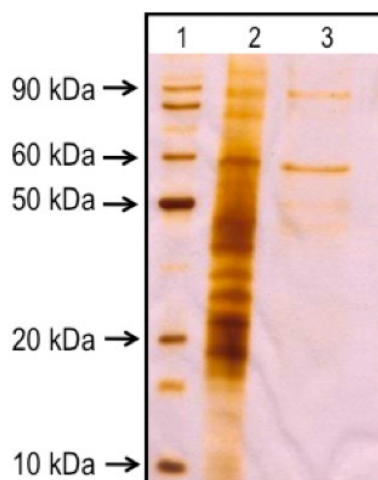
- a) Terciário
- b) Primário
- c) Secundário
- d) Quaternário

4.5. A respeito da estrutura evidenciada em A e presente em B, pode-se dizer:



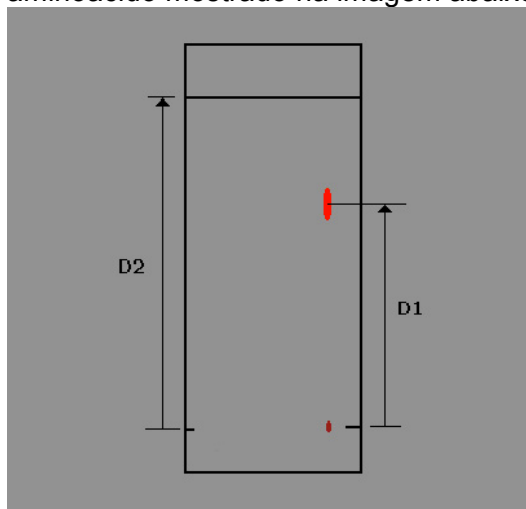
- a) Corresponde a representação da folha beta pregueada
- b) Corresponde a representação da alfa-hélice
- c) Não corresponde a nenhuma representação de estrutura de proteínas
- d) Corresponde a representação tanto da folha beta quanto da alfa-hélice

4.6. Um cientista desejava purificar a proteína X de bactérias. Para tanto, ele fez um extrato das bactérias e submeteu o extrato à cromatografia de troca iônica. Para verificar o resultado da purificação o cientista realizou uma eletroforese como mostrado abaixo. Sabendo que o poço 1 se refere ao padrão, qual(is) é (são) o(s) poço(s) correspondente(s) ao extrato purificado?



- a) 3
- b) 2
- c) 1
- d) 2 e 3

4.7. Dado os valores de $d_1 = 5\text{cm}$ e $d_2 = 10\text{cm}$, calcule o valor do R_f do aminoácido mostrado na imagem abaixo.



- a) $R_f = 0,5$
- b) $R_f = 2,0$
- c) $R_f = 5,0$
- d) $R_f = 10$

Enzimas

1. *Memorizar conhecimento do conceito de maneira cuidadosa, com sucesso a partir da rota de aprendizado.*

1.1. Quando fazemos ensaios de atividade enzimática, qual a ordem correta de adição dos componentes do ensaio?

- a) Água, tampão, substrato e enzima
- b) Substrato, enzima, água e tampão
- c) Substrato, água, enzima e tampão
- d) Tampão, enzima, substrato e água

1.2. Como se define a temperatura ótima de uma enzima recém descoberta?

- a) Experimentalmente, aumenta-se a temperatura até obter-se a concentração máxima de produto
- b) Experimentalmente, aumenta-se a temperatura até obter-se o melhor Km
- c) Teoricamente, utilizando a literatura acerca de cinética enzimática já existente
- d) Teoricamente, comparando a temperatura ideal de enzimas similares

1.3. Uma solução enzimática não deve ser agitada rigorosamente porque:

- a) A agitação pode desnaturar as enzimas.
- b) A agitação pode causar precipitação das moléculas em solução.
- c) A agitação pode causar a formação de espuma, inviabilizando a reação.
- d) A agitação pode misturar os componentes da reação.

1.4. Durante uma bateria de ensaios enzimáticos, qual a melhor maneira de manter a integridade de um extrato proteico contendo enzimas?

- a) Em banho de gelo
- b) No tampão apropriado
- c) Em temperatura ambiente
- d) Na temperatura ótima da enzima

1.5. Os componentes básicos necessários para realizar um ensaio enzimático são:

- a) Enzima, substrato, tampão
- b) Substrato e tampão
- c) Enzima e substrato
- d) Enzima e tampão

1.6. Para que é utilizado o extrato proteico de feijão como obtido na aula prática?

- a) Para verificar a atividade de uma enzima
- b) Para isolar proteínas específicas
- c) Para isolar enzimas específicas
- d) Para verificar a termodinâmica de uma enzima

1.7. Os dois produtos de uma reação enzimática catalisada por fosfatase são

- a) Álcool e pirofosfato
- b) Álcool e ácido fosfórico
- c) Ácido fosfórico
- d) Alcool e fósforo

2. *Integrar conhecimento do conceito com outros relacionados de maneira a desenvolver quadros explicativos.*

2.1. Para dosar a atividade de uma enzima, podemos utilizar diferentes métodos, exceto

- a) Quantificar a enzima
- b) Quantificar o consumo de substrato
- c) Quantificar a formação de produtos
- d) Quantificar o consumo de substrato e a concentração de enzima

2.2. Para que é utilizada a curva padrão nos ensaios de atividade enzimática feitos na aula prática?

- a) Para determinar a concentração do produto da reação enzimática naquele instante
- b) Para determinar a concentração do substrato da reação enzimática naquele instante
- c) Para determinar a velocidade da reação enzimática naquele instante
- d) Para determinar a velocidade da reação enzimática durante o tempo de reação

2.3. Para testar a atividade enzimática de uma fosfatase um cientista utilizou o substrato sintético pNPP, obtendo como produtos da reação pNP e Pi. Ao fazer a curva padrão de pNP, obteve uma equação da reta da regressão linear $y = 2x + 0,5$, sendo o eixo x na unidade de mmol. Assim, se na reação enzimática ele obteve uma absorbância de 0,8, quanto

de pNP foi formado?

- a) 150 micromol
- b) 15 mmol
- c) 2,1 mmol
- d) 21 micromol

2.4. Para testar a atividade enzimática de uma fosfatase um cientista utilizou o substrato sintético pNPP, obtendo como produtos da reação pNP e Pi. Ao fazer a curva padrão de pNP, obteve uma equação da reta da regressão linear $y = 1,5x - 0,2$, sendo o eixo x na unidade de mmol. Se o cientista constatou que houve formação de 0,3mmol de pNP, qual deve ter sido a absorbância lida após a reação enzimática?

- a) 0,25
- b) 0,06
- c) 0,33
- d) 0,20

2.5. Experimentalmente, é muito difícil atingir a velocidade máxima de uma reação, porém podemos chegar a um valor próximo ao da velocidade máxima. Como é possível inferir que atingimos esse valor?

- a) Nesse ponto, a velocidade da reação não aumenta mais, mesmo quando aumentamos a concentração do substrato
- b) Nesse ponto, a velocidade da reação não aumenta mais, mesmo quando aumentamos a concentração de enzima e de substrato
- c) Nesse ponto, a velocidade da reação não aumenta mais, mesmo quando aumentamos a concentração de enzima
- d) Nesse ponto, a velocidade da reação não aumenta mais em concentração fixa de substrato

2.6. Como explicar o patamar atingido pela velocidade em uma reação de cinética enzimática?

- a) Ele ocorre quando todas as moléculas de enzima disponíveis na reação estão interagindo com moléculas de substrato.
- b) Ele ocorre quando todas as moléculas de enzimas foram inviabilizadas pela alta adição de substrato.

c) Ele ocorre quando a concentração de substrato aplicada na reação atinge o máximo suportado pelas moléculas de enzimas.

d) Ele ocorre quando a concentração de substrato aplicada na reação está abaixo do mínimo necessário para reação ocorrer.

2.7. Podemos fazer uma curva padrão para determinar a atividade de uma enzima utilizando?

- a) Concentrações fixas do substrato e concentrações crescentes de enzima
- b) Reações enzimáticas conhecidas como aquela em que se utiliza o substrato pNPP e fosfatases
- c) Concentrações fixas da enzima e concentrações crescentes de substrato
- d) Utilizando concentrações crescentes de enzima e substrato

3. *Transferir e aplicar o conhecimento do conceito para entender e resolver problemas interessantes.*

3.1. Fosfatases de espécies diferentes possuem

- a) Afinidades diferentes para o mesmo substrato, pois apesar de pertencerem à mesma classe de enzimas, podem ter propriedades físico-químicas distintas
- b) Afinidades iguais para o mesmo substrato, pois pertencem à mesma classe de enzimas e portanto, têm as mesmas propriedades físico-químicas
- c) Afinidades iguais para o mesmo substrato, pois todas as fosfatases apresentam a mesma afinidade para um determinado substrato
- d) Afinidades diferentes para o mesmo substrato, pois diferentes fosfatases pertencem a diferentes classes de enzimas

3.2. Para determinar experimentalmente o valor de K_m , precisamos

- a) Realizar ensaios enzimáticos com diferentes concentrações de substrato e concentração de enzima fixa, até atingir a velocidade máxima da reação
- b) Realizar ensaios enzimáticos com

concentrações de enzima e de substrato fixas, até atingir a velocidade máxima da reação

- c) Realizar ensaios enzimáticos com diferentes concentrações de enzima e de substrato, até atingir a velocidade máxima da reação
- d) Realizar ensaios enzimáticos com diferentes concentrações de enzima e concentração de substrato fixa, até atingir a velocidade máxima da reação

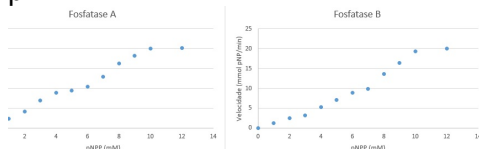
3.3. Como podemos fazer uma curva padrão para determinar a atividade de uma enzima?

- a) Utilizando concentrações conhecidas do substrato ou do produto da reação
- b) Utilizando concentrações enzimáticas conhecidas
- c) Utilizando concentrações de inibidores conhecidos
- d) Utilizando concentrações de tampão conhecidos

3.4. Qual é o princípio do método colorimétrico utilizado na aula prática?

- a) Quantifica a luz absorvida durante a passagem pela placa de leitura
- b) Quantifica a luz transmitida durante a passagem pela placa de leitura
- c) Quantifica a luz refletida durante a passagem pela placa de leitura
- d) Quantifica a luz refratada durante a passagem pela placa de leitura

3.5. Dados os gráficos abaixo, qual das fosfatases possui menor especificidade ao pNPP?



- a) A fosfatase B, pois possui maior K_m
- b) A fosfatase A, pois possui menor K_m
- c) A fosfatase B, pois possui menor K_m
- d) A fosfatase A, pois possui maior K_m

3.6. Qual é o primeiro passo para se determinar o K_m de uma fosfatase, tendo-se em mãos um extrato total de feijão?

Realizar ensaios variando a concentração da enzima.

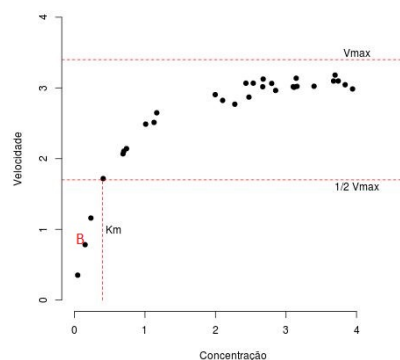
- a) Realizar ensaios variando a concentração do substrato.
- b) Realizar ensaios variando a concentração da enzima e do substrato.
- c) Realizar ensaios fixando a concentração da enzima e do substrato

3.7. Para que serve um ensaio enzimático onde variamos a concentração de substrato?

- a) Para determinar o valor de K_m da enzima em determinado substrato
- b) Para determinar o valor de K_i da enzima em determinado substrato
- c) Para determinar a concentração mínima de substrato a ser utilizado
- d) Para determinar a concentração máxima de substrato a ser utilizado

4. *Descodificar a linguagem simbólica que compõe uma RE*

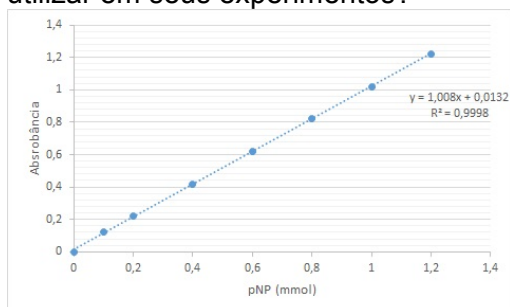
4.1. O gráfico abaixo representa um experimento de reação enzimática. No ponto B, podemos dizer que



- a) A velocidade da reação está aumentando linearmente, existem muitas moléculas livres de enzima para interagir com moléculas de substrato
- b) A velocidade da reação está aumentando linearmente, há uma altíssima concentração de substrato
- c) A velocidade da reação está aumentando na mesma proporção que no restante da reação porque há concentrações iguais de enzima e substrato
- d) A velocidade da reação está aumentando quase que linearmente,

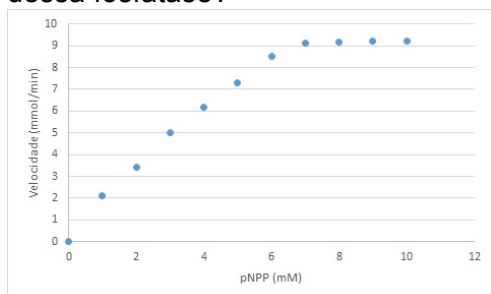
mas não há moléculas de enzimas para reagir com o substrato

4.2. Se um cientista obteve uma curva padrão como a mostrada abaixo, qual é a absorbância máxima confiável para ele utilizar em seus experimentos?



- a) Aproximadamente 1,2
- b) Aproximadamente 0,6
- c) Aproximadamente 1,5
- d) Aproximadamente 0,1

4.3. Um cientista estava tentando determinar o valor de K_m de uma fosfatase para o substrato sintético pNPP. À partir dos resultados obtidos colorimetricamente, ele construiu o gráfico abaixo. Qual é o valor aproximado do K_m dessa fosfatase?



- a) Aproximadamente 2,5 mM
- b) Aproximadamente 2 mM
- c) Aproximadamente 4 mM
- d) Aproximadamente 9 mM

4.4. O gráfico a seguir mostra a velocidade de uma reação enzimática em função da concentração do substrato. A letra C representa:

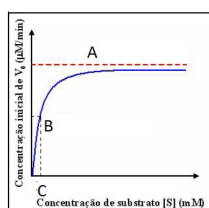
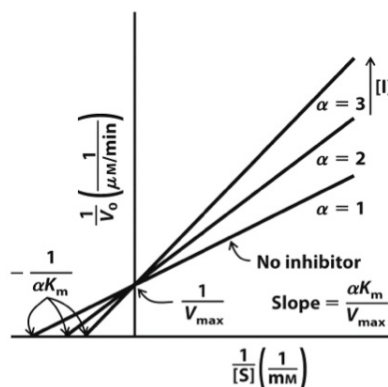


Figura 1. Efeito da concentração de substrato na velocidade inicial de uma reação catalisada enzimaticamente.

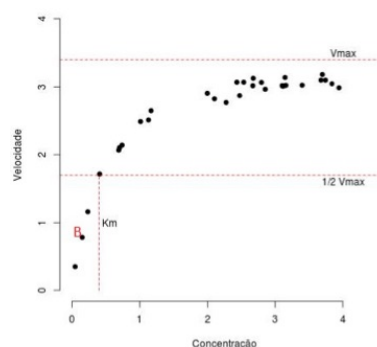
- a) K_m
- b) V_{\max}
- c) V_0
- d) 50% da V_{\max}

4.5. Um cientista realizou ensaios enzimáticos com concentração crescente de substrato e diferentes concentrações de inibidor e obteve o gráfico abaixo. Qual é o tipo de inibição que ocorreu no sistema?



- a) Competitiva, pois houve alteração do K_m
- b) Acompetitiva, pois houve alteração do K_m
- c) Competitiva, pois houve alteração do V_{\max}
- d) Acompetitiva, pois houve alteração do V_{\max}

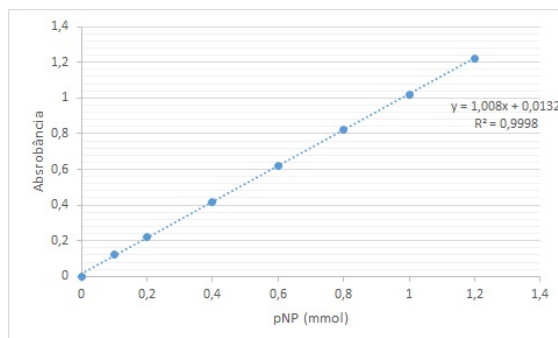
1.6 O gráfico abaixo representa um experimento de reação enzimática. Como explicar o aumento da velocidade no ponto B?



- a) Há muitas moléculas de enzima disponíveis para interagir com o substrato.
- b) Há muitas moléculas de substrato disponíveis para interagir com as enzimas.

- c) Há poucas moléculas de enzima disponíveis para interagir com o substrato.
- d) Há poucas moléculas de substrato disponíveis para interagir com as enzimas.

1.7 Se um cientista obteve a seguinte curva padrão, que concentração de pNP existe em uma amostra de absorbância 0,5?



- a) 0,483 mmol
- b) 0,517 mmol
- c) 0,483 mM
- d) 0,9998 mM

Anexo 2

Código para realizar a Análise de Rasch e para plotar as curvas características dos itens.

#Carrega as bibliotecas necessárias para o código

```
library(eRm)
library(colorSpace)
library(XLConnect)
```

#Carrega o arquivo do Excel com os dados

```
wb <- loadWorkbook("/Users/EMBRIAO/Desktop/NomedoArquivo.xlsx", create = FALSE)
NT <- readWorksheet(wb, sheet = "Rasch")
NT
```

#Desenvolve a Análise de Rasch

```
res.rasch <- RM (NT)
res.rasch
summary(res.rasch)
pres.rasch <- person.parameter (res.rasch)
pres.rasch
summary(pres.rasch)
```

#Plota as curvas características dos itens

```
IC(pres.rasch)
plotICC(res.rasch)
itemfit (pres.rasch)
personfit(pres.rasch)
library (mirt)
mod1<- mirt(NT, 1, itemtype= "Rasch")
plot(mod1, type="trace", abline= 0.5)
```

Código para realizar o Elbow Method

#Carrega as bibliotecas necessárias para o código

```
library(XLConnect)
```

#Carrega o arquivo do Excel com os dados

```
wb<-loadWorkbook("/Users/EMBRIAO/Dropbox/Doutorado/BB281 2015/Dados 3DClass/Dados para análise/Perfis dos Alunos/ NomedoArquivo.xlsx", create = FALSE)
NT<-readWorksheet(wb, sheet = "cluster")
NT
```

#Realiza as análises para definição do número ideal de clusters e plota os respectivos gráficos (necessária interação do usuário com o terminal de comando, para seleção do Elbow Method)

```
library(mclust)
```

```
fit <- Mclust(NT)
plot(fit)
summary(fit, parameters = "TRUE")
```

Código para realizar a análise de cluster K-means e plotar o gráfico multivariado de dispersão de matriz

```
#Carrega as bibliotecas necessárias para o código
library(XLConnect)
```

```
#Carrega o arquivo do Excel com os dados
wb<-loadWorkbook("/Users/EMBRIAO/Dropbox/Doutorado/Qualificação/
NomedoArquivo.xlsx", create = FALSE)
NT<-readWorksheet(wb, sheet = "cluster2015")
NT
```

```
#Realiza a análise de K-means, plota o gráfico de dispersão de matriz e fornece um
sumário com os dados do clusters
```

```
fit <- kmeans(NT, 5) # 4 cluster solution
aggregate(NT,by=list(fit$cluster),FUN=mean)
plot(NT, col=fit$cluster)
legend(20,20, legend=5, col=fit$cluster)
table(fit$cluster)
```

Código para realizar a Análise de Frequência

```
#Carrega as bibliotecas necessárias para o código
library(XLConnect)
```

```
#Carrega o arquivo do Excel com os dados
wb<-loadWorkbook("/Users/EMBRIAO/Dropbox/Doutorado/Qualificação/Análise
2015-2016/ NomedoArquivo.xlsx", create = FALSE)
NT<-readWorksheet(wb, sheet = "21")
NT
```

```
#Realiza a Análise de Frequência e fornece uma tabela com os dados
```

```
y = xtabs(~ UserID + Question + Answer, data=NT)
y
x = count(NT, c('UserID', 'Question', 'Answer'))
x
```

Códigos para realizar as Análises de Shapiro Wilk e Kruskal-Wallis

```
#Carrega as bibliotecas necessárias para o código
library(XLConnect) # Para conectar con excel
```

```
#Carrega o arquivo do Excel com os dados
```

```
wb<-loadWorkbook("/Users/EMBRIAO/Dropbox/Doutorado/BB281 2015/Dados
3DClass/Dados para análise/Perfis dos Alunos/ NomedoArquivo.xlsx", create =
FALSE)
NT<-readWorksheet(wb, sheet = "cluster")
NT
summary(NT)
attach(NT)
```

#Realiza o teste de Shapiro-Wilk

```
shapiro.test(Tentativa)
```

```
shapiro.test(Duracao)
```

```
shapiro.test(Nota)
```

#Realiza teste de Kruskal-Wallis (sem as comparações múltiplas)

```
kruskal.test(NT)
```

Código para realizar o Teste de Dunn

#Carrega as bibliotecas necessárias para o código

```
library(XLConnect) # Para conectar con excel
```

#Carrega o arquivo do Excel com os dados

```
wb<-loadWorkbook("/Users/EMBRIAO/Dropbox/ NomedoArquivo.xls", create =
FALSE)
```

```
NT<-readWorksheet(wb, sheet = "Q11KW")
```

```
NT
```

```
summary(NT)
```

```
attach(NT)
```

#Realiza as comparações múltiplas proporcionadas pelo Teste de Dunn

```
library(dunn.test)
```

```
dunn.test(resp, categ, method=p.adjustment.methods, alpha = 0.05)
```


Anexo 3

Resultados da análise frequência dos grupos identificados na análise de cluster.

IDAluno	Ocorrências				
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
57	0	4	6	0	1
62	0	2	2	0	2
67	1	0	0	0	3
110	3	0	4	0	0
198	5	0	1	0	5
203	0	1	0	0	1
208	0	0	0	0	4
209	0	1	4	0	0
210	0	1	2	0	0
211	0	0	5	0	0
214	0	0	1	0	3
215	0	0	4	0	1
217	0	0	1	0	1
218	0	0	1	0	1
219	1	0	2	0	0
220	0	0	1	0	0
225	3	0	6	0	1
226	0	2	1	0	0
227	1	0	0	0	0
228	0	1	3	0	1
229	0	0	1	0	4
230	0	0	1	0	1
232	0	0	4	0	1
233	1	1	3	0	0
234	0	1	1	0	7
235	0	1	3	0	0
236	0	0	2	0	1
237	0	1	2	0	1
239	0	0	1	0	6
240	1	3	1	0	8
242	1	0	2	0	2
244	0	0	2	0	1
246	0	1	3	0	1
247	1	0	3	0	6
250	0	2	1	0	0
251	0	0	2	0	3
253	0	0	0	0	3
255	0	0	2	0	2
256	0	0	1	0	2
257	0	1	1	0	6

258	20	0	0	0	0
259	0	0	1	0	3
260	0	1	2	0	4
263	1	0	3	0	0
266	0	2	3	0	1
271	0	0	3	0	3
272	1	2	1	0	5
273	25	1	3	0	1
274	1	0	2	0	2
275	0	2	0	0	2
276	1	1	3	0	0
278	1	0	4	0	1
279	0	2	1	0	2
282	0	0	0	0	4
283	1	1	2	0	1
284	5	0	3	0	0
285	1	0	0	0	7
286	7	1	0	0	0
289	5	0	4	0	1
290	0	1	3	0	0
291	12	1	3	0	0
292	2	2	3	0	0
295	0	3	1	0	0
296	1	0	3	0	0
297	2	1	2	0	0
298	1	2	2	0	0
299	0	0	2	0	1
300	0	1	2	0	1
303	1	3	0	0	0
304	0	1	4	0	0
305	0	0	1	0	2
306	2	0	1	0	2
307	0	0	1	0	2
311	0	0	0	0	1
312	1	0	2	0	1
314	0	0	3	0	1
318	0	0	2	0	4
338	4	2	5	0	5
339	0	1	2	0	3
340	13	5	4	0	0
342	2	0	5	0	0
343	2	8	1	0	0
344	9	2	3	0	0
345	2	4	9	0	0
346	36	0	9	0	0
348	1	2	8	0	3

350	6	3	10	0	0
352	0	2	1	0	0
353	0	1	3	0	4
355	0	1	3	0	1
357	16	4	3	0	0
358	0	3	7	0	0
359	11	5	10	0	0
360	1	1	6	0	0
361	4	0	4	0	0
363	0	2	5	0	0
364	1	1	4	0	0
365	0	2	4	0	1
366	0	0	3	0	4
367	0	2	3	0	1
368	2	2	3	0	0
370	0	0	10	0	6
372	27	2	6	0	1
374	2	1	8	0	0
375	5	1	4	0	1
378	1	3	3	0	2
380	1	0	3	0	0
381	0	1	2	0	2
384	0	2	0	0	0
385	0	4	3	0	7
386	1	0	2	0	1
387	4	3	3	0	0
388	0	0	1	0	6
389	0	1	7	0	0
390	4	2	6	0	2
391	0	0	0	0	4
392	1	0	2	0	1
393	1	4	1	0	4
394	1	0	0	0	6
395	1	0	2	0	2
396	2	2	0	0	1
397	1	1	0	0	6
398	3	1	2	0	2
399	1	0	3	0	0
401	0	1	2	0	0
403	0	2	3	0	2
405	2	0	1	0	3
406	1	1	1	0	2
408	1	0	3	0	1
409	1	0	2	0	7
410	0	0	5	0	0
411	0	1	1	0	5

412	1	2	0	0	0
413	7	3	2	0	0
414	0	0	2	0	3
416	1	2	4	0	3
417	1	1	2	0	0
418	1	0	5	0	3
419	0	0	0	0	2
420	2	2	6	0	2
421	0	2	3	0	3
422	2	0	4	0	7
423	1	3	3	0	0
424	1	3	4	0	0
425	6	2	4	0	1
426	0	2	2	0	1
427	5	2	4	0	10

Anexo 4

Termo de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DA UNICAMP -
CAMPUS CAMPINAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Planejamento, desenvolvimento e avaliação de aprendizagem de Uma abordagem de sala de aula invertida com elementos de game design em um curso teórico-prático de bioquímica

Pesquisador: Thanuci Silva

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 41228314.8.0000.5404

Instituição Proponente: Instituto de Biologia - Unicamp

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 982.289

Data da Relatoria: 24/02/2015

Apresentação do Projeto:

Em uma disciplina de Bioquímica Experimental, o conhecimento das bases teóricas das técnicas experimentais utilizadas nos experimentos são fundamentais para o seu planejamento, execução e interpretação dos resultados. O contato prévio com o conteúdo da disciplina também aumenta o aproveitamento nas aulas expositivas e na experimentação em laboratório. Esse trabalho visa a utilização de testes em um ambiente virtual gamificado, como atividade preparatória para realização de experimentos e aulas expositivas. A realização dos testes nesse ambiente tem como objetivo aumentar o engajamento dos alunos nas atividades preparatórias. Neste aspecto, este trabalho se propõe a analisar os perfis, o comportamento e o aprendizado dos alunos utilizando esta preparação prévia, abordagem denominada sala de aula invertida. Serão portanto avaliadas as implicações desta abordagem no engajamento e aprendizado de bioquímica.

Objetivo da Pesquisa:**Objetivo Primário:**

Este projeto tem como objetivo investigar as implicações da utilização da sala de aula invertida com uso de Ambientes Virtuais de Aprendizado gamificados, na aprendizagem, no engajamento e na competição em alunos em uma disciplina de experimental de bioquímica de proteínas na

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

**COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DA UNICAMP -
CAMPUS CAMPINAS**



Continuação do Parecer: 982.289

graduação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Esta pesquisa não apresenta riscos previsíveis aos participantes, uma vez que durante a coleta de dados quantitativos e qualitativos não haverá contato físico com os alunos. Além disso a coleta de dados será conduzida nas dependências da universidade, ambiente já frequentado pelos alunos durante as aulas.

Benefícios:

Os benefícios da aplicação deste projeto consistem no aprimoramento do contato dos alunos com as novas tecnologias da informação e comunicação assim como um melhor preparo destes estudantes para as aulas teóricas e práticas de bioquímica, uma vez que a cada nova aula o professor estará ciente das dificuldades e incoerências que os alunos apresentam havendo a oportunidade de interferir pontualmente nos conceitos mais relevantes para aquela turma. Desta maneira, utilizando os dados de aprendizado e engajamento dos alunos será possível utilizar a tecnologia da melhor maneira a seu favor.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está escrito adequadamente, sendo possível a compreensão de sua motivação, metodologia e objetivos. Trata-se de um trabalho de doutorado a ser desenvolvido na Faculdade de Educação Física da UNICAMP. O estudo tem por objetivo avaliar o uso da sala de aula invertida em ambientes virtuais como preparação dos alunos para as aulas de bioquímica. No ambiente virtual, o aluno terá contato prévio com o conteúdo a ser exposto na aula, o qual será apresentado na forma de testes e jogos. Em uma segunda etapa, os alunos serão entrevistados em relação à metodologia proposta. A entrevista será gravada e transcrita para análise da pesquisadora. Os desempenhos dos alunos nas atividades, bem como nas aulas e provas, serão analisados pela pesquisadora.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1-A folha de rosto do projeto está adequadamente preenchida, assinada pelo pesquisador e pelo responsável pela instituição onde será feito o trabalho, de acordo com as normas vigentes. O título apresentado neste documento confere com o título da pesquisa.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro: Barão Geraldo	CEP: 13.083-887	
UF: SP	Município: CAMPINAS	
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fcm.unicamp.br

**COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DA UNICAMP -
CAMPUS CAMPINAS**



Continuação do Parecer: 982.289

2-O cronograma deverá ser adequado conforme compromisso do pesquisador com a resolução 466/12 do CNS/MS, com a data de início da pesquisa POSTERIOR a aprovação do projeto pelo CEP. Neste caso, interessa o momento da coleta de dados ou seleção dos sujeitos. Revisão de literatura e outros itens relativos ao planejamento da pesquisa podem (devem) ser conduzidos antes da emissão do parecer do CEP.

3-O TCLE está adequado e bastante claro; no entanto, faltou a pesquisadora inserir um termo onde os participantes assinalam se autorizam ou não a gravação da entrevista que será realizada na segunda etapa do estudo.

Recomendações:

1-Recomendações de notificar ao CEP a data correta em que a pesquisa será iniciada e justificar como equivoco, solicitando a correção do cronograma do projeto detalhado e das informações básicas do projeto. Lembramos ao pesquisador que o estudo só pode ser iniciado após a aprovação pelo CEP, conforme compromisso assumido pelo mesmo com o cumprimento da resolução 466/2012, item IX.1 letra a.

2- Retirar do TCLE no item Responsabilidade do pesquisador " e pela CONEP, quando pertinente".

3-A pesquisa não apresenta riscos previsíveis, pois engloba o conteúdo das aulas. A pesquisadora deve contudo se atentar para manutenção do sigilo dos participantes não divulgando suas identidades, como é assegurado no TCLE, e também não realizando a apresentação de dados individuais dos sujeitos em tabelas e textos científicos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

-Projeto aprovado com recomendações de notificar ao CEP a data correta em que a pesquisa será iniciada e justificar como equivoco, solicitando a correção do cronograma do projeto detalhado e das informações básicas do projeto. Lembramos ao pesquisador que o estudo só pode ser iniciado após a aprovação pelo CEP, conforme compromisso assumido pelo mesmo com o cumprimento da resolução 466/2012, item IX.1 letra a.

Situação do Parecer:

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126			
Bairro: Barão Geraldo	CEP: 13.083-887		
UF: SP	Município: CAMPINAS		
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fcm.unicamp.br	

COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DA UNICAMP -
CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 982.289

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado.

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DA UNICAMP -
CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 982.289

CAMPINAS, 12 de Março de 2015

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Anexo 5**Declaração de Direitos Autorais.****Declaração**

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE TESTES EM UMA ABORDAGEM DE SALA AULA INVERTIDA DE UM CURSO TEÓRICO-PRÁTICO DE BIOQUÍMICA**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 26 de Março de 2018

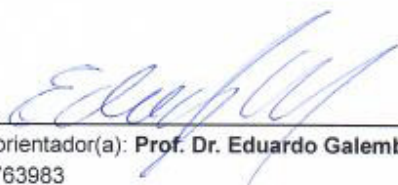
Assinatura : _____



Nome do(a) autor(a): **Thanuci Silva**

RG n.º 49.822.998-1

Assinatura : _____



Nome do(a) orientador(a): **Prof. Dr. Eduardo Galembeck**

RG n.º 17763983